

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

С. Г. Ковчур, С. А. Масалов*

(ВГТУ, *Витебский областной комитет по экологии, г. Витебск)

При организации современных высокоэффективных производств в различных отраслях промышленности предусматриваются, как правило, автоматизированные системы технологического контроля, сигнализации и управления технологическими процессами, которые реализуются в виде информационно-управляющих вычислительных комплексов (с устройствами связи с объектом, каналами связи, датчиками, измерительным оборудованием и т.д.) и соответствующего программного обеспечения.

Одной из конкретных задач, выполняемых подобными системами, является контроль химического состава технологических газов.

Эффективность использования таких систем существенно зависит от функционирования подсистем получения и первичной обработки информации. Они обеспечивают опрос датчиков аналоговых, дисперсных, и других сигналов, контроль достоверности полученной информации, сглаживание и усреднение на заданных интервалах, масштабирование, аппроксимирование, учёт влияния источников погрешностей и введение поправок в результаты измерений.

Предлагаемый метод оценки погрешности результатов измерений состоит из нескольких этапов.

1. Исключение грубых погрешностей, обусловленных тряской прибора, резким изменением напряжения питания и т. п.

Грубые погрешности необходимо исключить в соответствии с указаниями ГОСТ 11.002-73 «Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений.» [2].

2. Исключение известных систематических погрешностей результата наблюдения.

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов наблюдений, в которые предварительно введены поправки для исключения систематических погрешностей.

Неисключенная систематическая погрешность результата измерения, как правило, имеет следующие составляющие:

- погрешность аттестации поверочных газовых смесей (ПГС) (СПГС), указанная в аттестационном свидетельстве ПГС;

- погрешность отклонения показаний газоанализатора при очередной проверке его калибровки путём продувки ПГС (СК). Эту погрешность необходимо рассчитать исходя из экспериментальных данных по всему интервалу концентраций не менее чем в 3-5 точках, проведя по 5-10 измерений в каждой точке. Из погрешностей всего интервала концентраций следует выбрать максимальное значение, которое принимается за погрешность отклонения прибора;

- погрешность, вызванная изменением температуры и давления окружающей среды (СТ; СД).

Погрешность, вызванную изменением температуры окружающего воздуха определяют в долях основной приведенной погрешности на каждые 10 °С в соответствии с техническими условиями.

Погрешность, вызванную изменением давления окружающей среды определяют в долях основной приведенной погрешности на каждые 3,3 кПа в соответствии с ТУ. При наличии регулятора абсолютного давления и расхода эту составляющую можно исключить из рассмотрения;

- погрешность пробоподготовки (СПП) состоит из погрешности приведения параметров (температуры и давления) отбираемой пробы к условиям анализа и погрешности, обусловленной растворением легкорастворимых веществ в образующемся конденсате.

Погрешность приведения параметров пробы определяется характеристиками системы пробоподготовки.

Погрешность, обусловленную растворением в конденсате, можно определить экспериментально путем анализа собранного конденсата. Максимальное из найденных значений концентраций принимается за погрешность растворения.

- погрешность канала передачи и обработки данных (СПО) состоит из погрешности, вносимой каналом связи и погрешности, обусловленной программной

обработкой данных, например, аппроксимацией нелинейных характеристик датчиков. Погрешность канала передачи и обработки данных определяется при их аттестации, которую на практике наиболее удобно осуществлять на основании экспериментальных результатов поверки.

3. Вычисление границ неисключенной систематической погрешности результата измерения.

В качестве границ составляющих неисключенной систематической погрешности принимают пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей указанных выше составляющих, если случайные составляющие погрешности незначительны.

Составляющие неисключенной систематической погрешности рассматриваются как случайные величины.

Границы неисключенной систематической погрешности ΔC результата измерения (без учёта знака) можно вычислить по формуле:

$$\Delta C = k \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta c_i^2}, \quad (1)$$

где Δc_i - предел i -й исключенной систематической погрешности;

k - коэффициент определяемый принятой доверительной вероятностью P ; если $P=0,95$, $k=1,1$.

4. Вычисление оценки среднего квадратического отклонения результата измерения.

Среднее квадратическое отклонение σ результата наблюдения определяют на основании 5-10 наблюдений (параллельных измерений) при постоянной концентрации измеряемого компонента по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где C_i - i -й результат наблюдения;

\bar{c} - среднее арифметическое результатов наблюдений;

n - число наблюдений (не менее 5), которое определяют исходя из погрешности результатов наблюдений.

Значение σ определяют не менее чем в 3-5 точках по всему диапазону (поддиапазону) концентраций и выбирают для расчёта максимальные значения.

5. Определение доверительных границ случайной составляющей погрешности результата измерения.

Доверительные границы случайной составляющей погрешности измерений для нормального закона распределения находят по формуле

$$\varepsilon = t \sigma , \quad (3)$$

где t - коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n находят по таблице справочного приложения 2 [1]. При $P=0,95$ и $(n-1) \rightarrow \infty$ коэффициент $t = 1,96$.

При числе результатов наблюдений $n \leq 15$ принадлежность их к нормальному закону распределения не проверяют. При этом нахождение доверительных границ случайной погрешности результата измерения возможно в том случае, если заранее известно, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению.

При числе результатов наблюдений $50 > n > 15$ для проверки принадлежности их к нормальному распределению предпочтительным является составной критерий, приведенный в справочном приложении 1 [1].

При числе результатов наблюдений $n > 50$ для проверки принадлежности их к нормальному распределению по ГОСТ 11.006-74 предпочтительным является один из критериев: χ^2 Пирсона или ω^2 Мизеса-Смирнова.

6. Вычисление доверительных границ погрешности результата измерения.

В случае, если $\Delta \bar{C} / \sigma < 0,8$, неисключенными систематическими погрешностями по сравнению со случайными можно пренебречь и принять, что границы погрешности результата $\Delta = \varepsilon$.

Если $\Delta C/\sigma > 8$, случайными погрешностями по сравнению с систематическими можно пренебречь и принять, что граница погрешности результата $\Delta = \Delta C$.

Если $0,8 \leq \Delta C/\sigma \leq 8$, то границу суммарной погрешности результата измерения (без учёта знака) определяется путём построения композиции распределений случайных и неисключенных систематических погрешностей, рассматриваемых как случайные величины, по формуле:

$$\Delta = KS, \quad (4)$$

где K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;

S - оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения.

Оценку S и коэффициент K вычисляют по формулам:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\Delta C_i)^2}{3} + \sigma^2}, \quad (5)$$

$$K = \frac{\varepsilon + \Delta C}{\sigma + \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\Delta C_i)^2}{3}}}. \quad (6)$$

Суммарную погрешность Δ наблюдений концентраций измеряемого компонента необходимо рассчитывать по всему интервалу концентраций, не менее чем в 3-5 точках.

Предлагаемый метод оценки погрешности результатов измерений позволяет учесть основные факторы, влияющие на точность измерений, проводимых автоматизированными системами, и повысить качество контроля технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. М.: Изд-во стандартов, 1976. 10 с.
2. ГОСТ 11.002-73. Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. М.: Изд-во стандартов, 1982. 36 с.
3. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: Справочное пособие / А.С. Клюев, Л.М. Пин, Е.И. Коломиец, С.А. Клюев; Под ред. А.С. Клюева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 400 с.: ил.
4. Муравьёва С.И., Казнина Н.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе: Справ. изд. М.: Химия, 1988. 320 с.

УДК 675.086.004 14: 675.02

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЕХОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.К. Смелков, А.Н. Буркин, А.Л. Ковалев, С.В. Смелкова
(ВГТУ, г. Витебск)

В меховой и овчинно-шубной промышленности образуется большое количество отходов производства. Рациональное использование их является важной задачей, решение которой позволит выпустить дополнительную продукцию, уменьшить площади и затраты на хранение и вывоз отходов, а также улучшить экологическую обстановку в регионе. Наиболее ценными являются: лоскут выделанный, обрывы голов и лап, образующиеся при обработке полуфабриката на механических операциях и отходы скормяжного и шубно-пошивочного производства.

Скормяжный лоскут - срезанные части шкурок, которые не используются для основных изделий. К нему относятся срезанные с огузка кромки, пашины, лобки, ушки, хвосты и полулапы.

В зависимости от вида пушно-мехового полуфабриката и площади скормяжный лоскут подразделяется на следующие группы: