

Для исключения промежуточных стадий оба подключенных к тепловычислителю термометра помещают в один термостат, и после стабилизации режима вводят в тепловычислитель значение температуры термостата. Затем повторяют данную операцию еще при двух температурах.

По полученным результатам рассчитывают индивидуальные коэффициенты A , B и R_0 каждого термометра [2]. В этом случае отклонения статических характеристик термометров будут совпадать с точностью выполнения вычислений и будут иметь один знак, что будет компенсироваться при расчете разности температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Бакаленко, Е.Н. Жаврид, Н.Е. Мартынов. Повышение точности измерений температуры и разности температур //Метрология и приборостроение.–2010.–№ 3.– С.8-12
2. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. СТБ 8039-2014 Комплекты термопреобразователей сопротивления платиновых для теплосчетчиков. Методика поверки .
3. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. ГОСТ ЕН 1434-1-2018 Теплосчетчики. Часть 1. Общие требования.

УДК 53.083

В.И. Бакаленко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Д.С. Карпович, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОМЕТРОВ

Скорость реакции термометра на изменение температуры определяется скоростью передачи тепла от объекта измерения к чувствительному элементу. У датчиков температуры чувствительный элемент защищен корпусом и часто дополнительной защитной гильзой. Это приводит к тому, что выходная величина изменяется значительно медленнее, чем может изменяться измеряемая температура.

В простейшем случае динамическая модель термометра без чехла может быть представлена аperiodическим звеном первого порядка:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t) \quad (1)$$

где $x(t)$ – входная величина (температура), $y(t)$ – выходная величина (например, сопротивление), k – коэффициент преобразования (определяется номинальной статической характеристикой), T – постоянная времени (может изменяться от единиц до десятков секунд).

Наличие в составе средства измерений вычислительного устройства позволит рассчитать значение выходной величины в новом стационарном состоянии (Θ_∞) по результатам двух измерений, выполненных с интервалом времени Δt :

$$\Theta_\infty = T \frac{\Theta_i - \Theta_{i-1}}{\Delta t} + \Theta_{i-1} \quad (2)$$

где Θ_{i-1} и Θ_i – значения температуры, измеренные через интервал времени $\Delta t = t_i - t_{i-1}$.

Практическое применение данного метода ограничивают два фактора. Во-первых, постоянная времени T модели должна быть близка постоянной времени реального термометра, а сама модель (1) может иметь порядок выше первого. Во-вторых, наличие случайной погрешности приводит к тому, что на каждом шаге измерений расчет также будет выполняться с некоторой погрешностью, на которую влияют постоянная времени и интервал опроса Δt .

Постоянная времени T зависит от характеристик термометра и условий теплообмена:

$$T = f\left(\frac{m \cdot c_p}{\alpha \cdot F}\right) \quad (3)$$

где m и F – масса термометра и площадь контакта с измеряемой средой, c_p и α – теплоемкость и коэффициент теплоотдачи.

Если m , F и c_p – величины постоянные для конкретной модели термометра, то α существенно зависит от температуры, плотности и теплопроводности среды, фазового состояния среды (вода, пар или газ), скорости потока, расположения термометра др. и, следовательно, может изменяться в процессе измерений.

Получение аналитической зависимости (3) затруднительно ввиду значительного количества влияющих факторов (процесса теплопередачи от измеряемой среды к чувствительному элементу, теплопотерь от термометра в окружающую среду через стенки термометра и т.д.). Поэтому, постоянную времени с достаточной для практического применения точностью можно определять экспериментально в процессе эксплуатации.

Если измерения выполняются со случайной погрешностью, характеризующейся СКО, равной σ , то максимальная погрешность вычисления по (2) может достигать значения $\approx \sigma \cdot 2T / \Delta t$.

Учитывая случайный характер проявления погрешности и если принять равными значения σ_i и σ_{i+1} , то суммарная погрешность вычислений по (2) определится по формуле:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma \sqrt{\left(1 + \frac{1}{e^{\frac{\Delta t}{T}} - 1}\right)^2 + \left(\frac{1}{e^{\frac{\Delta t}{T}} - 1}\right)^2} \quad (4)$$

Оценка по (4) показывает, что существенно увеличивается при уменьшении интервала измерений. Так, при $\Delta t/T = 0,2$ погрешность расчета по (2) превышает погрешность измерений более, чем в 7 раз, а при уменьшении $\Delta t/T$ до 0,1 погрешность увеличивается более, чем в 15 раз.

УДК 519.254

А. П. Котенко, доц., канд. физ.-мат. наук;
А. А. Котенко, магистрант (СамГТУ, г. Самара)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПРОТИВОРЕЧИВЫХ КРИТЕРИЯХ

На основе систем линейных регрессий строится математическая модель производства химической продукции при нестабильном составе сырья и некоторых технологических параметров. Такие условия складываются при переработке нефти, поставленной из разных источников. При этом, с одной стороны, нет постоянного состава сырья, но, с другой стороны, можно получить из сырья смесь, способствующую повышению качества продукции нефтепереработки. Кроме того, естественная недетерминированная постановка задачи оптимизации производственного процесса не требует достижения номинальных значений качества, а лишь попадания показателей качества продукции в соответствующий доверительный интервал.

Имелся массив практических данных, на основе которого проведён регрессионный анализ. В качестве регрессоров (экзогенных переменных) были взяты семь параметров качества продукции x_1, \dots, x_7 , представляющих физические наблюдаемые параметры (вязкость, плотность, темпера-