

2. Epstein, E. Industrial composting: Environmental engineering and facilities management. Taylor & Francis Group. CRC Press, Boca Raton 2011.

3. Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Оробей И.О. Современные подходы к информатизации систем контроля управления // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы докладов межд. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 ноября 2016 г., Мн.: БГТУ, 2016, – С. 198–201.

УДК 681.5

В.И. Бакаленко, доц., канд. техн. наук;
О.Г. Барашко, доц., канд. техн. наук; Т.А. Дейнека, ассист.
(БГТУ, г. Минск)

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ТЕРМОМЕТРОВ

При измерении температуры чувствительный элемент термометра должен находиться в термодинамическом равновесии с измеряемой средой. Невыполнение данного требования приводит к появлению динамической погрешности, зависящей от инерционных свойств термометра. В соответствии с [1] одной из частных динамических характеристик средства измерений (СИ) является время реакции, под которым понимается время установления показаний или выходного сигнала. Для термопреобразователей сопротивлений в [2] приводится метод испытаний времени термической реакции, при котором определяется время изменения показаний на 10 %, 50 %, 63,2 % или 90 % при ступенчатом изменении температуры среды.

В большинстве случаев производитель не указывает время термической реакции, или указывает предельное значение.

Нормировать и указывать более точно время термической реакции термометра в документации не представляется возможным, так как оно будет зависеть от многих факторов, связанных с эксплуатацией, например, разности измеряемой температуры и температуры окружающей среды, теплоизоляции термометра и т.д.

Термометры, как правило, устанавливаются в защитную гильзу, которая предохраняет его от механических повреждений, а также упрощает монтаж/демонтаж. С другой стороны, установка термометра в защитную гильзу ухудшает динамику измерений.

Информация об инерционности термометра необходима для настройки регулятора, особенно в тех случаях, когда она сравнима с инерционностью объекта регулирования.

Современные специализированные регуляторы, используемые в системах теплоснабжения, часто комплектуются цифровыми термометрами. Основой таких термометров является микросхема DS18B20, которая, кроме термочувствительного элемента, включает 12-разрядный АЦП и обеспечивает дискретность преобразования около $0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$. Диапазон измерений от минус $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Информация о динамических характеристиках термометра отсутствует.

Целью настоящей работы было определение постоянной времени цифровых термометров ТЦ-Б (в защитной гильзе и без) при разных скоростях воздушного потока.

Экспериментальная установка представляет собой участок трубопровода с внутренним диаметром 120 мм, в котором создавался поток воздуха со скоростью от 0,5 до 2,5 м/с.

Во время испытаний термометр и защитная гильза погружались в трубопровод на одинаковую глубину 65 мм.

Термометр подключался к микроконтроллеру ESP32. Период опроса составлял 1 с.

На рисунках 1 и 2 показаны изменения выходного сигнала термометра при ступенчатом изменении измеряемой температуры для разных скоростей потока.

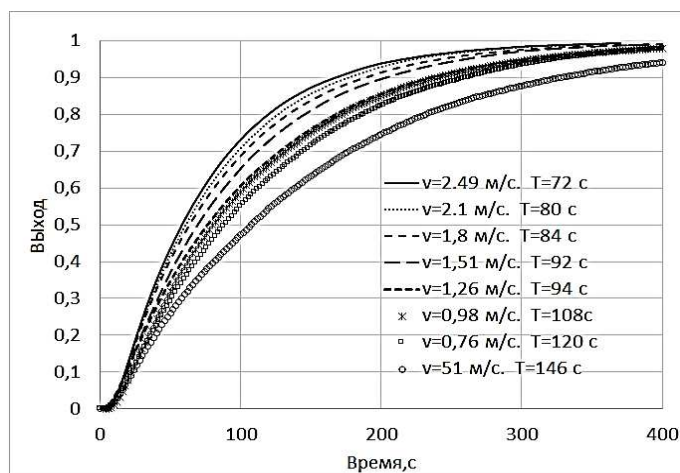


Рисунок 1 – Переходные процессы термометра без защитной гильзы

Результаты экспериментов показывают, что реальный термометр представляет собой апериодическое звено второго порядка с запаздыванием. Время чистого запаздывания у термометра без чехла составило около 4 с, а у термометра в защитной гильзе – около 8 с.

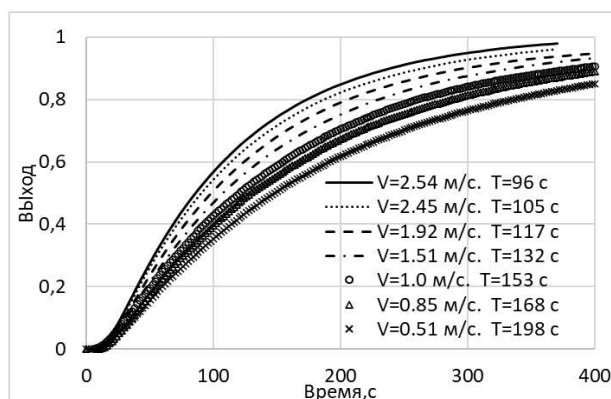


Рисунок 2 – Переходные процессы термометра в защитной гильзе

Если представить термометр в виде звена первого порядка, то к чистому запаздыванию прибавляется динамическое запаздывание: около 6 с для термометра без гильзы и около 10 с для термометра в гильзе.

Зависимости постоянной времени от скорости воздушного потока показана рис 3. Эти зависимости могут быть аппроксимированы степенными функциями:

$$T = 99 \cdot V^{-0.44} \text{ – для термометра без защитной гильзы;}$$

$$T = 155 \cdot V^{-0.43} \text{ – для термометра в защитной гильзе.}$$

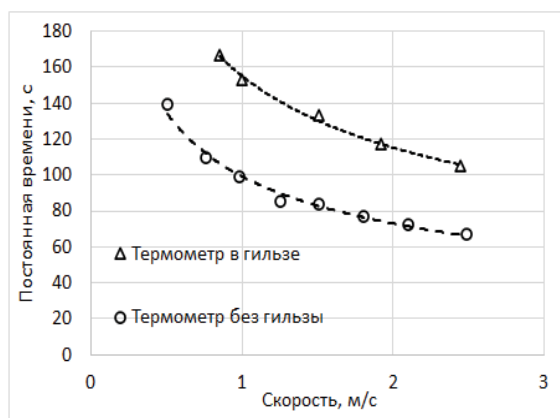


Рисунок 3 – Зависимость постоянной времени от скорости потока

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- ГОСТ 6651-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи из платины, меди и никеля. Технические требования и методы испытаний.