

МАЛОИНЕРЦИОННЫЙ ТЕРМОМЕТР

Отличием промышленных термометров от остальных средств измерений является их инерционность, что приводит к существенной погрешности при измерении температуры быстро протекающих процессов. Факторы, влияющие на динамические характеристики термометров рассмотрены в [1]. Учитывая многообразие влияющих факторов, таких как конструкция термометра, условия применения, динамическая характеристика термометра индивидуальна для каждого образца и не является константой. Поэтому в технической документации постоянная времени термометров или не приводится, или указывается максимальное время реакции, которое определено для конкретных условий испытаний.

Пренебречь инерционность термометра можно, если она значительно меньше объекта измерений. Уменьшить инерционность можно конструктивным способом – уменьшая габариты и массу термометра, а также термическое сопротивление между чувствительным элементом и измеряемой средой.

В [2] рассматривались способы уменьшения инерционности термометров с помощью аналоговых корректирующих звеньев. Недостатком такого подхода является невозможность изменения характеристик звена при изменении свойств объекта измерений и его нестабильность во времени.

В [3], [4] предлагается осуществлять коррекцию с помощью цифрового вычислительного устройства с использованием дополнительной информации о характеристиках потока (скорости). Такое устройство лишено недостатков устройств, рассмотренных в [2] и имеет более широкую область применения.

На основе выводов, приведенных в [3], [4], было разработано термометр, в качестве вычислительного модуля которого использовался микроконтроллер ESP32[5]. Микроконтроллер обладает необходимыми вычислительными ресурсами при невысокой стоимости.

Термометр, кроме основного канала измерений температуры, имеет дополнительный канал измерений расхода.

Наличие цифровых входов позволяет также достаточно просто организовать связь с внешними устройствами.

Перед вводом в эксплуатацию необходимо выполнить предварительную настройку, которая заключается в определении постоянной

времени термометра при некоторой скорости потока. Полученные значения вводятся в память устройства.

Для экспериментальных исследований термометра использовалась установка, состоящая из участка трубопровода диаметром 120 мм, в которой создавался поток воздуха со скоростью от 0,5 до 2,5 м/с.

Исследования проводились как для термометра без чехла, так и в чехле. Перед началом испытаний была определена постоянная времени термометра при скорости потока 1,5 м/с. Результаты выходных сигналов термометра в защитной гильзе приведены на рисунке.

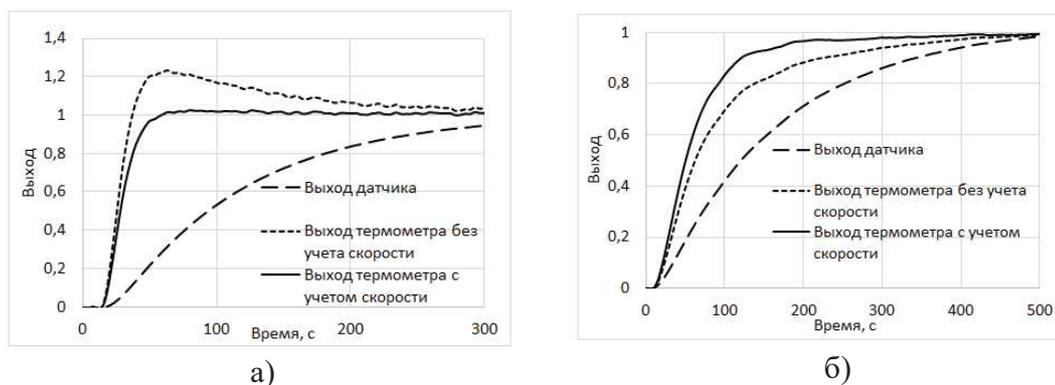


Рисунок – Выходные сигналы термометра в защитной гильзе при скоростях 2,54 м/с (а) и 0,85 м/с (б)

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерений нестационарной температуры. –2-е изд., перераб.– Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.– 256 с.: ил.
2. Шукшунов В.Е. Корректирующие звенья в устройствах измерения нестационарных температур. М., «Энергия», 1970 120 с. Ил.
3. Бакаленко В.И., Карпович Д.С. Улучшение динамических характеристик термометров // 84-я научно-техническая конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов БГТУ. Секция химической технологии и техники. – Минск, 2020. – С.287-289
4. Бакаленко В.И., Дейнека Т.А. Уменьшение погрешности средств измерений // Нефтехимия – 2021: материалы IV Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 22–24 ноября 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 243-244.
5. Datasheet ESP32.