

Разработка и испытание регистратора температуры

Р. Т. Гафуров¹, Н. М. Гафуров¹, Е. А. Малез¹, Н. Н. Достовалов^{1}*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: dostovalov@ssga.ru

Аннотация. Статья посвящена изготовлению и калибровке регистратора температуры. Основной целью работы является разработка и проведение калибровки регистратора. Составлена схема устройства. Рассмотрены принципы работы регистратора. Разработан корпус устройства. Выполнена калибровка регистратора с помощью нуль-термостата и калибратора температуры. Были устранены промахи и рассчитаны случайная, относительная и систематическая погрешность. Получен поправочный коэффициент, который затем был добавлен в регистратор температуры. Готовый регистратор будет использоваться студентами при выполнении лабораторных работ и для контроля условий обучения.

Ключевые слова: регистратор температуры, калибровка, погрешность

Fabrication and testing of the temperature recorder

R. T. Gafurov¹, N. M. Gafurov¹, E. A. Malezh¹, N. N. Dostovalov^{1}*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: dostovalov@ssga.ru

Abstract. The article is devoted to the fabrication and calibration of the temperature recorder. The main purpose of the work is to develop and calibrate the recorder. A circuit of the device has been drawn up. The principles of operation of the registrar are considered. The body of the device has been developed. The recorder was calibrated using a null thermostat and a temperature calibrator. Misses were eliminated and random, relative and systematic errors were calculated. A correction factor was obtained, which was then added to the temperature recorder. The finished recorder will be used by students when performing laboratory work and to control learning conditions.

Keywords: temperature recorder, calibration, error

Введение

Регистраторы температуры (логгеры) применяют во многих областях, где требуется контроль температуры в заданных пределах. Это такие области как: промышленность, перевозка грузов, научные исследования, жилищно-коммунальное хозяйство, здравоохранение и фармацевтика, сельское хозяйство, складское хозяйство любого производства, логистические компании, быт [1].

Такую актуальность логгеры получили благодаря следующим преимуществам: автономность, небольшие габариты, небольшой вес, простота получения записанной информации, высокая точность измерений [2]. Для студентов регистратор температуры очень актуален при выполнении лабораторных работ и контроле параметров микроклимата в аудиториях.

Именно поэтому целью работы является разработка и проведение калибровки регистратора температуры.

Для достижения цели, необходимо выполнить следующие задачи:

- соединить внутренние элементы регистратора температуры;
- разработать и распечатать корпус регистратора на 3D принтере;
- собрать данные для калибровки;
- выполнить калибровку регистратора.

Методы и материалы

Для начала была составлена схема регистратора температуры (рис. 1). Для изготовления логгера были выбраны доступные элементы, и что важно, те, которые хорошо себя зарекомендовали на рынке.

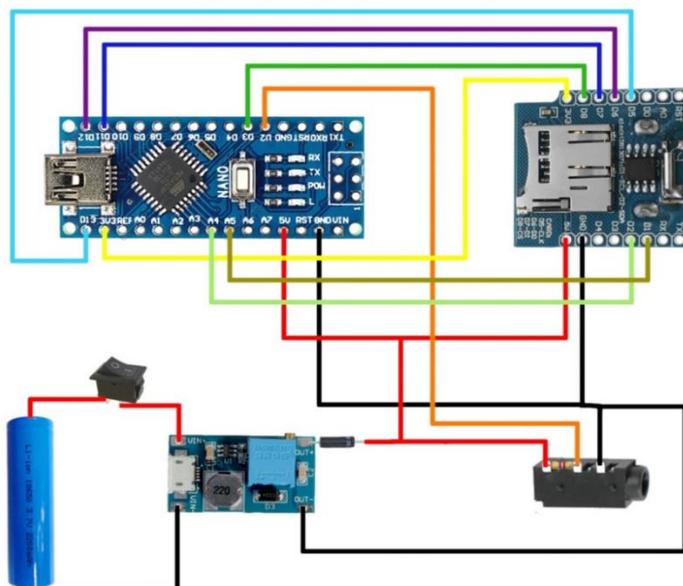


Рис. 1. Схема регистратора температуры

Основу устройства составляет электронная плата ArduinoNano с контроллером ATmega328 с USB-разъемом, принимающим и обрабатывающим данные с чувствительных элементов. Также плата с картой памяти и часами реального времени WeMos D1 mini RTC + MicroSD. Из дополнительных элементов следует отметить разъем для подключения датчика температуры, выключатель, аккумулятор, преобразователь напряжения. Оснащение устройства аккумулятором делает его работу автономной. Датчик температуры применен в герметичном исполнении для более удобной его калибровки в воде. Корпус устройства был разработан в приложении Компас 3D и распечатан на 3D принтере (рис. 2).

Готовый регистратор представлен на рис. 3.

Принцип работы регистратора температуры заключается в том, что датчик температуры выдает электрический сигнал, пропорциональный текущей температуре [3]. Полученный сигнал микроконтроллер преобразует в понятный для пользователя формат, сохраняет на карту памяти и передает данные на компьютер через USB-интерфейс. Применение часов реального времени позволяет не только фиксировать значения температуры, но и время измерения.

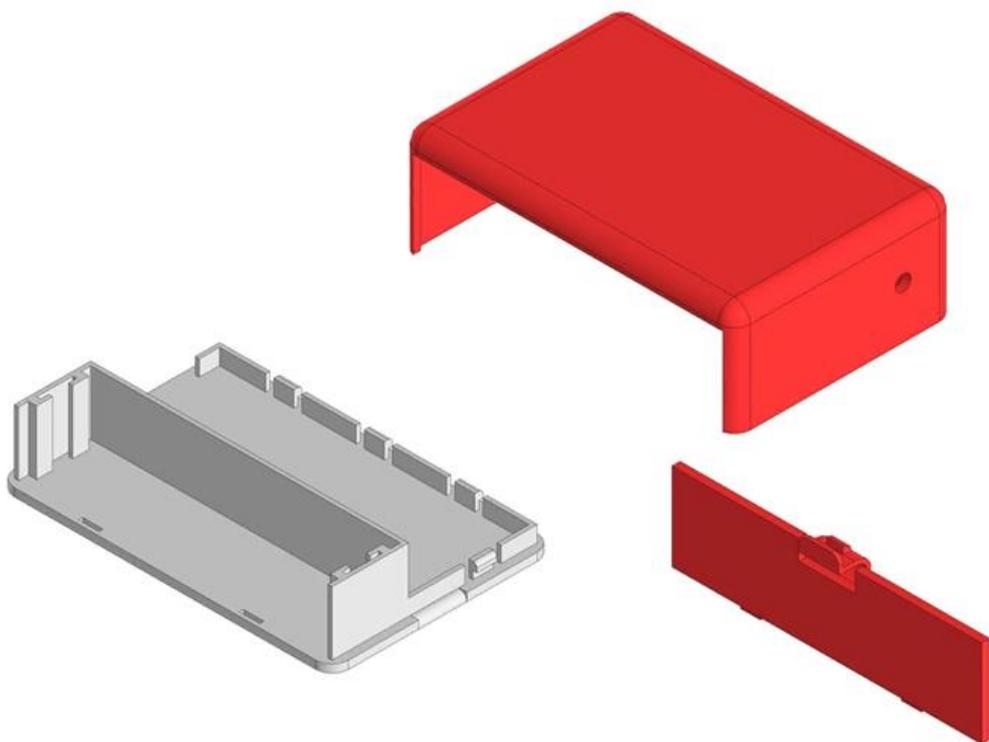


Рис. 2. Разработка корпуса устройства

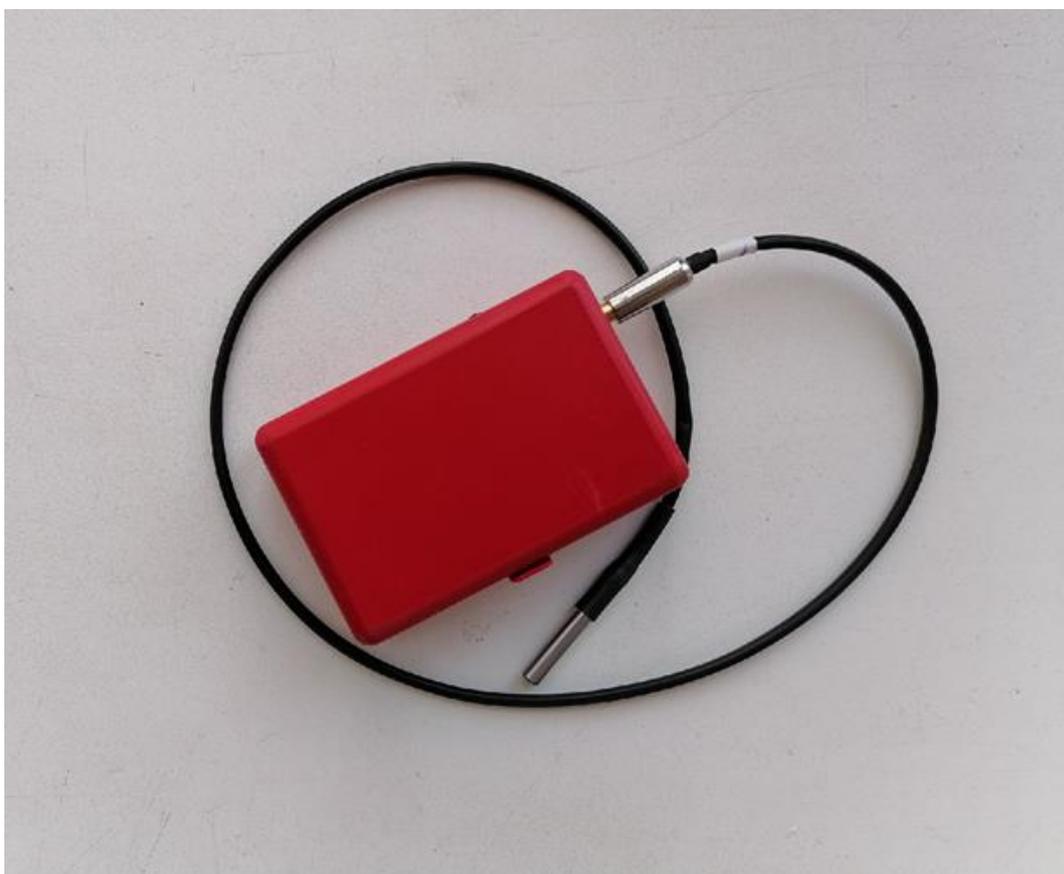


Рис. 3. Регистратор температуры

Для калибровки логгера был выбран нуль-термостат и учебный калибратор температуры КТ-41.

Нуль-термостаты применяют для воспроизведения температуры таяния льда. Их устройство представляет собой защитный корпус, где находится теплоизолированный сосуд, в который засыпают смесь, состоящую из льда и жидкой воды. Для приготовления смеси используют чистую дистиллированную воду. Лед должен быть увлажнен и уплотнен во всей массе, чтобы в смеси не было пузырей воздуха. Через трубку удаляют излишки воды, образующейся на дне сосуда при таянии льда. Процессы в нуль-термостате не зависят от внешних факторов. Пока в жидкой фазе есть лед, ее температура будет стабильной и равной 0 °С. Датчик температуры помещают в нуль-термостат для регистрации изменений температуры. Таким образом, значения температуры регистрировались при 0 °С. Полученные данные поступали в приложение «Монитор порта», и сохранялись в текстовом документе на карту памяти.

Калибратор температуры от термостата отличается тем, что в нем есть встроенный эталонный датчик температуры. Калибратор был настроен на поддержание температур 40, 70 и 100 °С.

Обработка результатов измерений была проведена в табличном редакторе MS Excel в соответствии с ГОСТ 8.736 [4]. Для обработки были выбраны данные с промежутка времени, где температура стабилизировалась (50 измерений для каждой точки). Давление на момент измерения составляло 750 мм рт.ст. (100 кПа), что соответствует температуре кипения воды 99,63 °С [5]. Далее, были устранены промахи и рассчитаны случайная, относительная и систематическая погрешность.

Результаты

При обработке результатов измерений случайная погрешность оказалась незначительной (не превышает 0,01 °С).

Значения систематической погрешности оказались равны 0,75; 0,45; 0,29; 0,49 °С для температур 0; 40; 70; 99,63 °С соответственно. Рассчитав среднюю систематическую погрешность, было получено поправочное значение – 0,5 °С для диапазона температур от 0 °С до 100 °С, которое затем было добавлено в программу микроконтроллера. С данной поправкой удалось обеспечить заявленную в технической документации на датчик температуры погрешность 0,5 °С, достаточную для учебных и бытовых целей. Результаты калибровки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты калибровки

Эталонное значение, °С	0	40	70	99,63
Среднее значение, °С	0,75	40,447	70,288	100,2
Относительная погрешность, %	0	0,014	0,013	0
Случайная погрешность ($P=0,95$), °С	0	0,006	0,009	0
Систематическая погрешность, °С	0,75	0,45	0,29	0,49
Поправка, °С	0,5			

Нормальные условия [6] и условия на момент калибровки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Условия при выполнении калибровки

Нормальные условия	
Температура, °С	20 ± 5
Влажность, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, мм рт.ст.	от 630 до 800
Условия на момент калибровки	
Температура, °С	24,6
Влажность, %	31
Атмосферное давление, мм рт.ст.	750

Так же были измерены некоторые параметры готового устройства, которые приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры готового устройства

Масса (с аккумулятором и датчиком), г	117,6
Размеры, мм	83×55×29
Емкость аккумулятора, мАч	2940
Время непрерывной работы от аккумулятора, ч	87
Потребляемый ток, мА:	
– от аккумулятора	36
– от USBпорта	23
Точность хода часов, секунд в сутки	+ 2
Интервал между измерениями, с	1

Заключение

В ходе выполнения работы был изготовлен регистратор температуры. Также была проведена его калибровка. Результаты работы будут использованы в учебном процессе СГУГиТ при выполнении лабораторных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование температурных логгеров. – Текст : электронный. – URL: <https://iloggers.ru/ispolzovanie-loggerov>.
2. Регистраторы данных: разновидности, преимущества и сферы применения. – Текст : электронный. – URL: <https://igis.ru/blog/item-13310#:~:text=Преимущества%20логгеров%20В%20сравнении%20с,нужном%20месте%20без%20каких-либо%20затруднений>.
3. Что такое логгеры и для чего они нужны. – Текст : электронный. – URL: <https://librotech.r/info/articles/chto-takoe-loggery-i-dlya-chego-oni-nuzhny/#4>.
4. ГОСТ Р 8.736–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения :

национальный стандарт Российской Федерации ; введен 01.01.2013. – Москва : Стандартиформ, 2013. – 23 с. – Текст : непосредственный.

5. Температура кипения воды в зависимости от давления: 4 фактора, таблица для расчёта.– Текст : электронный. – URL: <https://vodasila.ru/o-vode/kak-budet-menyatsya-temperatura-kipeniya-vody>.

6. ГОСТ 8.395–80. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке: межгосударственный стандарт ; введен 01.07.81. – Москва : Стандартиформ, 2008. – 2 с. – Текст : непосредственный.

© *Р. Т. Гафуров, Н. М. Гафуров, Е. А. Малез, Н. Н. Достовалов, 2022*