

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

16+

ISSN 2071-6168

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 2

**Тула
Издательство ТулГУ
2018**

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В СИСТЕМАХ СБОРА И ОБРАБОТКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Н.Н. Гринченко, В.Ю. Потапова, А.С. Тарасов

Рассмотрена система сбора и обработки метеоданных. Подробно описан алгоритм прогнозирования на основе локальных данных. Взаимодействие с разработанной системой осуществляется посредством веб-интерфейса, а не при помощи дисплея, что дает возможность удаленного контроля над погодной обстановкой.

Ключевые слова: метеостанция, метеоданные, краткосрочный прогноз, raspberry pi 2.

Метеорология относится к тем наукам, результаты которых стали неотъемлемой частью повседневной жизни. Метеорологи активно используют системы определения состояния и прогноза погоды на основе спутниковых снимков, отслеживая направления циклонов и анализируя статистическую информацию о конкретных регионах. Данные исследования позволяют получить более точную информацию на территории большой протяженности, но для конкретной местности, например горной, не всегда точны. Справиться с подобным недостатком позволяют портативные метеостанции, которые устанавливаются за окном, показывают текущие погодные условия и осуществляют краткосрочный прогноз. Данный прогноз имеет малый радиус действия, так как строится на основе локальных метеоданных.

В настоящее время разработано большое количество устройств, осуществляющих прогнозирование погоды, которые включают в себя такие функции как: измерение температуры в помещении и на улице, влажности, скорости и направления ветра. В качестве дополнительных возможностей – сохранение температурных значений, часы, календарь обычный и лунный, определение температуры точки росы, индекса нагрева, измерение температуры охлаждения ветром.

Существующие портативные метеостанции не позволяют получать информацию о погоде удаленно. Отображение текущей погодной обстановки осуществляется посредством дисплея, что не всегда удобно. В настоящее время большая часть мобильных устройств поддерживает выход в Интернет, поэтому внедрение в распространенные метеостанции веб-интерфейса или мобильного приложения увеличило бы количество покупателей и сделало бы работу с устройством более удобной и надежной. Данные показатели достигаются тем, что на веб-сервере реализовано хранение информации за определенный период, что позволяет строить погодную статистику. Также в данной системе предусмотрены функции аутентификации и авторизации пользователей.

Исходя из описанного выше, стало необходимо разработать бытовую (портативную) метеостанцию с формированием краткосрочного прогноза, которая включает в себя: определение температуры, влажности воздуха, атмосферного давления, освещенности, скорости и направления ветра, «ощущаемой» температуры, вероятности ночных заморозков и веб-интерфейс.

В качестве аппаратной основы были выбраны одноплатный компьютер Raspberry Pi 2 и микроконтроллер Arduino Nano. Так как ARM-процессор, установленный на Raspberry Pi, не имеет в своём составе АЦП, то возникла необходимость применения стороннего преобразователя сигналов, поступающих с аналоговых датчиков. В качестве такого преобразователя в данном проекте используется Arduino Nano.

В качестве сенсоров в данной системе применяются бюджетные модели: DHT12, BMP180, GY-30 BH1750FVI, Vortex Anemometr, RTC DS1307. На рис. 1 приведена структурная схема разработанного устройства. В качестве барометра используется датчик BMP180, в качестве гигрометра – DHT12, люксметра – GY-30 BH1750FVI, термометра – среднее арифметическое показаний DHT12 и BMP180, в качестве анемометра – Vortex Anemometr, часов реального времени – RTC DS1307.

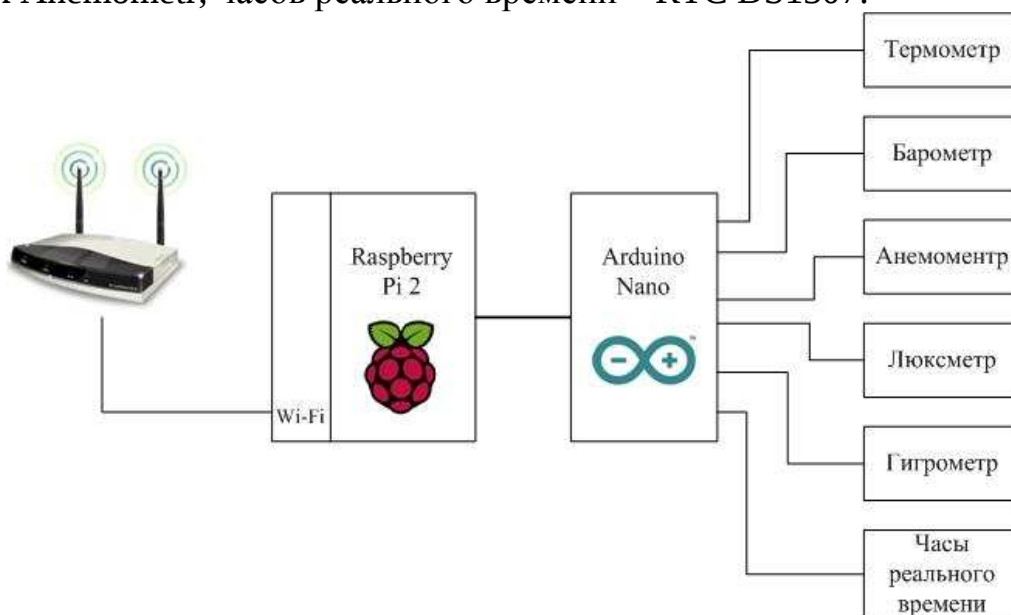


Рис. 1. Структурная схема разработанного устройства

Данные от сенсоров поступают на микроконтроллер Arduino Nano, после чего отправляются на Raspberry Pi 2. Одноплатный компьютер, используя Wi-Fi модуль, отправляет данные на роутер. Пользователь при помощи интернет-браузера может ознакомиться с текущими погодными условиями. Стоит отметить, что Raspberry Pi 2 является более полной платформой с точки зрения возможностей. Идея совместного использования заключается в том, чтобы взять лучшее из каждой платформы: использо-

вать Arduino Nano, чтобы осуществить съем метеоинформации и передать на Raspberry Pi 2 для дальнейшей обработки и отображения посредством Wi-Fi технологии. Обмен данными внутри устройства осуществляется при помощи интерфейса взаимодействия I2C. При передаче данных от датчиков на Arduino Nano, микроконтроллер работает как master, датчики – как slave. Далее Arduino Nano переключается с режима master на slave и осуществляет пересылку информации на Raspberry Pi 2, который работает в режиме master. На рис. 2 приведено фотографическое изображение расположения аппаратных элементов устройства.

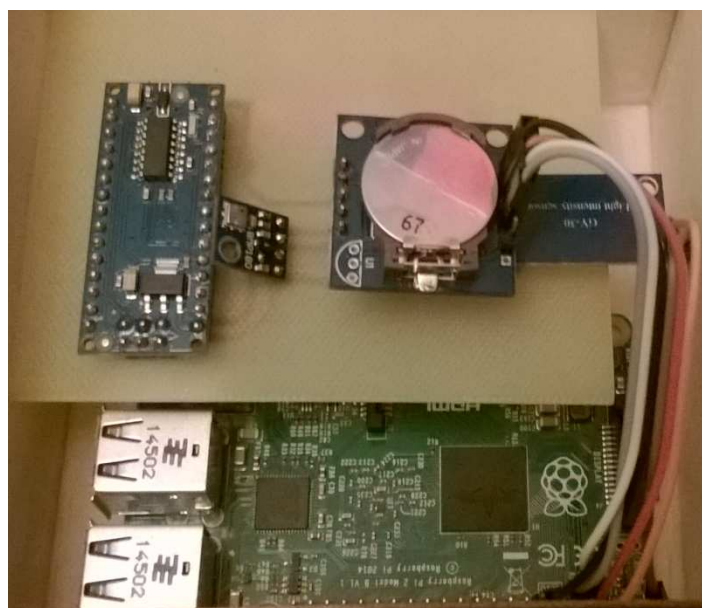


Рис. 2. Фотографическое изображение расположения аппаратных элементов устройства

Для организации взаимодействия между пользователем и метеостанцией предусмотрен веб-интерфейс. За счет его реализации удалось достичь большого количества платформ, которые возможно подключить к разработанной системе. Так как устройство функционирует в режиме «сервера» (оно работает независимо от того, подключен к нему клиент или нет), то передача данных осуществляется по запросу от подключенных «клиентов». Адаптивная верстка позволяет отображать одни и те же данные на мобильном устройстве и на персональном компьютере, не ухудшая при этом читаемость.

Для того чтобы доступ к веб-интерфейсу был открыт, необходимо наличие выделенного IP-адреса. Сама метеостанция при этом должна быть подключена напрямую в сеть или через маршрутизатор.

Данные с Raspberry Pi 2 отправляются по каналу Wi-Fi на роутер, где они коммутируются и следуют на устройство, запросившее погоду. В том случае, если запрос поступил из локальной сети, то данные передаются от-

правителю. При взаимодействии с системой по указанной схеме имеется возможность обмена с использованием глобальной сети. В этом случае прогноз может быть загружен на любое устройство, имеющее доступ в интернет. На рис. 3 приведена схема возможной организации взаимодействия системы.

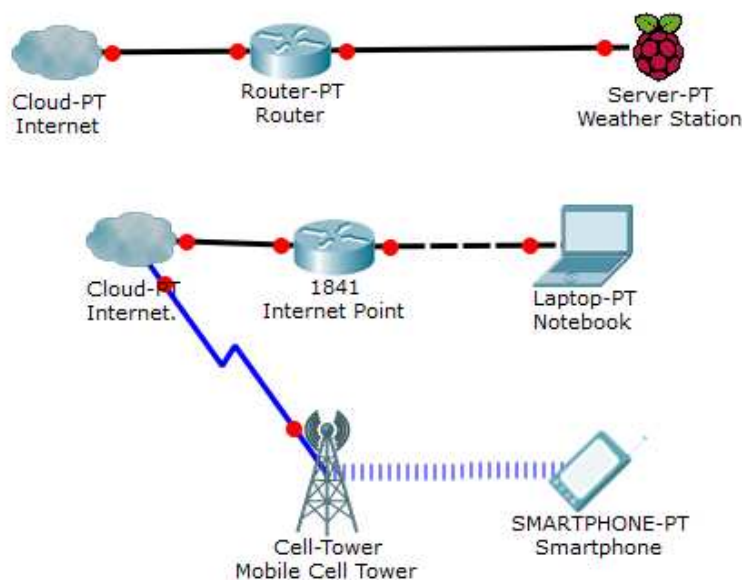


Рис. 3. Схема организации взаимодействия системы

Следует отметить, что система способна организовывать работу и используя стороннее программное обеспечение. Для этого предусмотрена система команд для взаимодействия через POST-запросы.

При первоначальной настройке станции необходимо установить пароль для доступа. Для предотвращения утери доступа на системе имеется возможность сброса через служебный аккаунт. Он уникален для каждой станции и напечатан в документации к метеостанции.

Программная часть системы написана на языке C# в среде Microsoft Visual Studio. В разработанной системе для формирования краткосрочного прогноза используются:

1. Метод профессора П.И. Броунова для определения вероятности ночных заморозков.
2. Метод определения температуры и влажности воздуха на ближайшие сутки.
3. Программная реализация погодного калькулятора Zambretti.

Для формирования прогноза вероятности возникновения ночных заморозков используется информация о температуре в девять часов вечера и значение разности температур между часом дня и девятью часами вечера [1, 2]. На рис. 4 приведена зависимость, выведенная профессором

П.И. Броуновым. По оси ординат отложены значения температуры в девять часов вечера, по оси абсцисс – значения разницы температур. Справа от графика приведены вероятности возникновения заморозков.

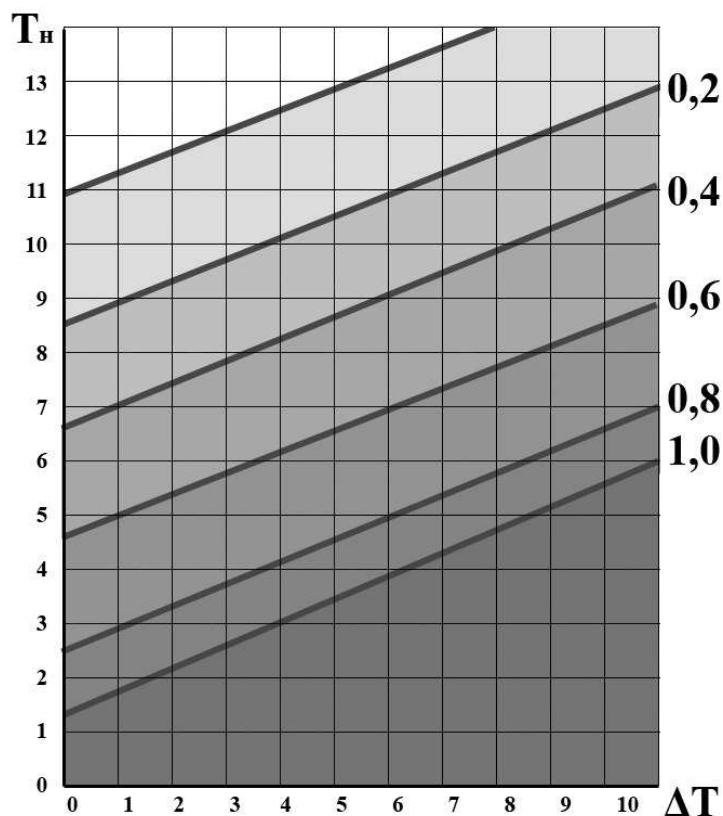


Рис. 4. График определения вероятности ночных заморозков

Метод, предложенный профессором П.И. Броуновым, является наиболее предпочтительным, так как он построен по одному фактору – температуре [2].

Температура и влажность воздуха на ближайшие сутки определяются изменением в воздушной массе, которые перемещаются в пункт прогноза из какого-либо региона, и в тоже время, изменяются под влиянием термических и влажных свойств подстилающей поверхности [3,4]. Прогноз температуры воздуха к поверхности Земли на ближайшие сутки рассчитывается по формуле (1):

$$T_{пр} = T_a + \delta_{тр} T + \delta_{с.х.} T, \quad (1)$$

где $T_{пр}$ – прогностическое значение температуры воздуха, T_a – значение температуры воздуха, откуда ожидается перемещение воздушной частицы, $\delta_{тр} T$ – трансформационные изменения температуры воздуха, $\delta_{с.х.} T$ – изменение температуры воздуха за счет суточного хода.

Прогноз влажности воздуха на ближайшие сутки рассчитывается по формуле (2):

$$Td = Tda + \delta mpTd + \delta c.x.Td, \quad (2)$$

где Td – прогностическое значение влажности воздуха, Tda – значение влажности воздуха, откуда ожидается перемещение воздушной частицы, $\delta mpTd$ – трансформационные изменения влажности воздуха, $\delta c.x.T$ – изменение влажности воздуха за счет суточного хода.

Изменение погоды может быть определено при помощи погодного калькулятора Zambretti, который состоит из трех дисков. Внешний большой диск учитывает направление ветра. Средний диск – атмосферное давление. Внутренний диск – изменение давления и сезон. Сезон в данном случае подразделяется на летний (апрель – сентябрь) и зимний (октябрь – март) [5]. Путем совмещения дисков составляется прогноз погоды на внутреннем диске. Прогноз выводится в виде буквы латинского алфавита A–Z, где A это «Установится хорошая погода», Z это «Ветер с дождем».

Программная реализация разработана на основе следующего алгоритма:

1. Определяют тенденцию изменения атмосферного давления (растет, падает, неизменно на протяжении нескольких часов).
2. В момент расчета определяют значение атмосферного давления.
3. Рассчитывают показатель Z по формуле (3).
4. Производят корреляцию полученного значения Z по направлению ветра, барической тенденции и по сезону.
5. По полученному значению Z определяют прогноз погоды, расшифровывая его.

Значение Z для различных тенденций атмосферного давления:

для положительной тенденции	$Z = 130 - P/8,1;$	
для отрицательной тенденции	$Z = 147 - 5P/37,6;$	(3)
для стабильного давления	$Z = 179 - 2P/12,9;$	

где P – атмосферное давление в момент расчета.

Далее осуществляется корректировка полученных значений и их сопоставление с прогнозом погоды, которые подробно рассмотрены в работе [5].

Разработанная метеостанция представляет собой устройство, которое фиксирует текущее состояние погоды, осуществляет прогнозирование, исходя из местных признаков. Устройство обладает функциями передачи и обработки метеоинформации, формирования краткосрочного прогноза, в частности вероятности ночных заморозков, локальных изменений температуры и влажности воздуха, прогнозирование при помощи погодного калькулятора, а также отображения информации при помощи веб-интерфейса.

Список литературы

1. Костров Б.В., Гринченко Н.Н., Потапова В.Ю., Тарасов А.С. Разработка сетевой версии системы сбора метеоданных для прогнозирования ночных заморозков // Известие Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 2. С. 89-95.
2. Гаевский Н.П., Мочалов Б.А. Лесная метрология: Лабораторный практикум часть II. Архангельск, 1999. 35 с.
3. Прогноз температуры и влажности воздуха у поверхности земли [Электронный ресурс]. URL: http://old.geology.lnu.edu.ua/-phis_geo/fourman/E-bookFVV/Interactive%20books/Meteorology/Synoptic-%2meteorology/Lec-tion/Glava_-18.pdf (дата обращения 28.05.2017).
4. Панин Б.Д., Репинская Р.П. Прогноз влажности, облачности и осадков: конспект лекций. Ленинград, 1982. С. 3 - 15.
5. Погодный калькулятор Zambretti (вариант 3) [Электронный ресурс]. URL: <http://monatkodenis.blogspot.ru/2016/09/zambretti-3.html> (дата обращения 20.05.17).

Гринченко Наталья Николаевна, канд. техн. наук, доц., grinchenko_nn@mail.ru, Россия, Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет,

Потапова Валентина Юрьевна, студент-магистрант, программист, Valentina2008.91@mail.ru, Россия, Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет,

Тарасов Андрей Сергеевич, студент-магистрант, инженер, vb2005@yandex.ru, Россия, Рязань, Рязанский государственный радиотехнический университет

ALGORITHMS FOR WEATHER FORECASTING IN METEOROLOGICAL DATA COLLECTION AND PROCESSING SYSTEMS

N.N. Grinchenko, V.Y. Potapova, A.S. Tarasov

The article describes the portable model of weather station that forms short-term forecast based on local data. The algorithm of forecasting based on pressure tendency is described in details. User-system interaction occurs via web interface instead of screen, providing remote weather control.

Key words: weather station, weather data, short-term forecast, raspberry pi 2.

Grinchenko Natalya Nikolaevna, candidate of technical science, docent, grinchenko_nn@mail.ru, Russia, Ryazan, Ryazan State Radio Engineering University,

Potapova Valentina Yurevna, magister, programmer, Valentina2008.91@mail.ru, Russia, Ryazan, Ryazan State Radio Engineering University,

Tarasov Andrey Sergeevich, magister, engineer, vb2005@yandex.ru, Russia, Ryazan, Ryazan State Radio Engineering University