

Введение

Температура тела здорового человека в течение дня может изменяться в пределах от 35.5°C до 37.4°C. Ее колебания зависят как от внутренних причин, так и от внешних. К внутренним причинам можно отнести жизнедеятельность всего организма, в частности, работу пищеварительной системы, физическую нагрузку, и т.д.. При этом разница утренней и вечерней температур может достигать одного градуса. Кроме того, на температуру тела влияют внешние факторы – температура и влажность окружающей среды, солнечное излучение, ветер и другие параметры. Так, например, увеличение концентрации влаги в воздухе влечет за собой ухудшение работы механизма теплообмена. Человеку становится труднее поддерживать нормальную температуру тела. Запускается защитная реакция организма – потоотделение. Организм начинает работать с повышенной силой, что влечет за собой повышение температуры тела.

В данной работе будет измеряться температура тела человека и влажность окружающей среды. Одной из причин, по которой важно регистрировать температуру тела человека, является ее влияние на ферменты клеток, принимающие участие в обмене веществ. При температуре 36.6°C жизнедеятельность организма наиболее стабильна. Но если значение температуры больше 42°C или меньше 30°C, то ферменты разрушаются и человек может погибнуть. Обмен веществ в организме человека приводит к выделению тепла. Процесс регулирования тепловыделения для поддержания постоянной температуры тела человека называется терморегуляцией.

На сегодняшний день существует большое разнообразие приборов и устройств, которые способны измерять данные параметры. [1, 2, 3, 4] В основном их задача состоит в том, чтобы передавать информацию об объекте в данный момент времени. Различные устройства имеют разные функции. Одни измеряют только влажность или только температуру, а другие могут измерять несколько параметров одновременно. Последние подразумевают под собой многоканальные измерительные системы, особенностью которых является возможность измерения в реальном времени большого количества параметров.

Актуальность работы определяется всей логикой развития техники слежения за параметрами организма человека и состоит в создании устройства, позволяющего проводить длительную запись температуры тела человека и влажности окружающей среды. Возможно, наличие длинных записей температуры и влажности позволит найти корреляцию или другую зависимость между этими переменными.

Цель работы – создание устройства, позволяющего измерять одновременно температуру тела и влажность среды с возможностью передачи этих данных в компьютер по беспроводному интерфейсу.

В ходе работы были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Провести обзор методов оценки температуры и влажности.
2. Провести обзор датчиков температуры и влажности.
3. Собрать экспериментальную установку для регистрации температуры и влажности. Провести эксперимент по измерению температуры и влажности. Оценить возможности появления ошибок.
4. Передать данные влажности и температуры по беспроводному интерфейсу в компьютер (телефон).
5. Написать программу на Питоне для получения и обработки данных в компьютере или на телефоне.

Объем и структура выпускной квалификационной работы (ВКР): ВКР состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка источников. Общий объем ВКР 47 страниц, включая 10 таблиц, 25 рисунков и схем. Список источников содержит 24 наименования.

Основное содержание работы

Во введении обозначена актуальность темы работы, значимость измеряемых параметров на здоровье человека, а так же сформулированы цель и задачи.

Раздел 1 содержит литературный обзор методов оценки температуры и влажности. Рассмотрена история появления регистрации данных параметров. Обозначены основные методы и способы регистрации температуры:

контактные и бесконтактные.

Контактный способ заключается в непосредственном контакте измерительного устройства с объектом исследования. Выделяется два метода контактных измерений: термоэлектрический и терморезистивный.

Термоэлектрический метод заключается в закреплении концов двух различных проводников (или полупроводников) и нагревании места закрепления до температуры t , отличной от температуры "холодных" концов, имеющих температуру $t_0 < t$, в результате на "холодных" концах возникает термоэдс.

Принцип действия терморезистивного метода заключается в измерении электрического сопротивления, которое изменяется за счет варьирования температуры.

Бесконтактные способы и методы оценки температуры основаны на законах, устанавливающих связь между излучением абсолютно черного тела и его температурой. В отличие от предыдущих методов, бесконтактные имеют меньшую чувствительность, но широкий диапазон температур.

В отдельном подразделе обозначены основные методы измерения влажности воздуха: психрометрические, гигрометрические и емкостные.

Действие психрометров основано на принципе теплообмена. Они устанавливают значение относительной влажности при помощи разницы температур между сухим и влажным воздухом.

Основой для гигрометрического измерения служат гигроскопические свойства волоса или синтетического волокна. Изменение длины волоса зависит от относительной влажности воздуха. Это изменение фиксируется с помощью точных приборов и сообщается самописцу или в сигналы тока, напряжения и сопротивления.

Емкостное измерение заключается в изменении емкости конденсатора с тонкой полимерной пленкой в качестве диэлектрика относительно влажности воздуха. В зависимости от влажности окружающей среды полимерная пленка поглощает или выделяет молекулы воды. Что в свою очередь, изменяет

диэлектрические свойства диэлектрика.

Раздел 2 посвящен обзору датчиков температуры и влажности. В данном разделе выделены такие датчики как:

1. Датчики температуры TMP35, TMP36, TMP37;
2. Термопары;
3. Терморезисторы;
4. Датчик температуры и влажности DHT11 и DHT22;
5. Датчик влажности HCH-1000;
6. Датчик температуры и влажности Si7021;
7. Датчик температуры DS18B20.

Каждые устройства имеют свои особенности. Характеристики представленных датчиков отмечены в таблицах 1-7 ВКР.

Раздел 3 содержит информацию о контроллере Arduino NANO , среде разработки Arduino IDE и проведенном эксперименте.

Существует несколько версий плат NANO, отличаются эти версии только лишь микроконтроллером. В данной работе использовалась Arduino NANO v 3.0, её характеристики представлены в таблице 9 ВКР. Эта версия снабжена микроконтроллером ATmega328. Он имеет вдвое большие объемы энергонезависимой и flash памяти, а так же тактовую частоту в 16 МГц.

Программируется данная платформа в среде разработке Arduino IDE. Программы, также они имеют название «скетчи», пишутся на обычном C++, с некоторыми простыми дополнениями и функциями для управления вводом/выводом. Как и в стандартном C++ сначала объявляются библиотеки и глобальные переменные. Основными блоками скетчей являются две функции: void setup() и void loop().

Для проведения эксперимента по измерению температуры и влажности необходимо было собрать рабочую схему и написать программу. Рабочая схема собиралась на макетной плате для пайки (рисунок 1). Питание установки производилось по средствам кабеля USB. После подключения датчиков была

написана программа в среде разработки Arduino IDE. Код программы представлен в листинге 1 ВКР. В результате эксперимента данные о температуре и влажности поступали в COM-порт и показывались на мониторе компьютера (рисунок 2).

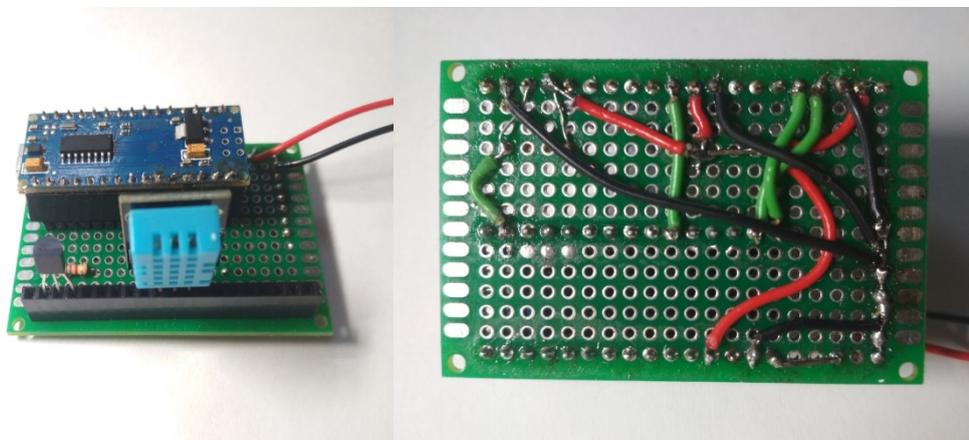


Рисунок 1 – Экспериментальная схема.

```
COM3
Температура DS18B20: 28.19°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 28.81°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.31°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 29.44°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 29.56°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 29.62°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.69°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 28.94°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 34%
Температура DS18B20: 28.75°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 28.94°C
Температура DHT11: 25°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.31°C
Температура DHT11: 26°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.44°C
Температура DHT11: 26°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.56°C
Температура DHT11: 26°C Влажность DHT11: 36%
Температура DS18B20: 29.62°C
Температура DHT11: 27°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.62°C
Температура DHT11: 27°C Влажность DHT11: 35%
Температура DS18B20: 29.69°C
```

Рисунок 2 – Результат на мониторе компьютера.

Раздел 4 посвящен эксперименту заключающийся в передачи данных по беспроводному интерфейсу на телефон. В подразделе 4.1 содержится краткий обзор беспроводных интерфейсов: IrDA, bluetooth и WiFi. В данной работе использовался bluetooth интерфейс. Данная технология заключается в передачи данных по радиоканалам в диапазоне частот около 2.5 ГГц. Расстояние

передачи данных сильно зависит от преград и помех, но в среднем до 100 метров.

Для передачи данных по беспроводному интерфейсу необходимо было приобрести bluetooth-модуль. В данной работе использовался bluetooth-модуль HC-05. Особенностью данного модуля является то, что он может работать как в режиме ведущего (slave), так и в режиме ведомого (master). Основные характеристики данного модуля представлены в таблице 10 ВКР.

Для проведения эксперимента необходимо было дополнить рабочую схему из раздела 3 модулем HC-05 и внешним питанием (рисунок 3). Питанием послужила батарея с выходным напряжением 9В типа «Крона».

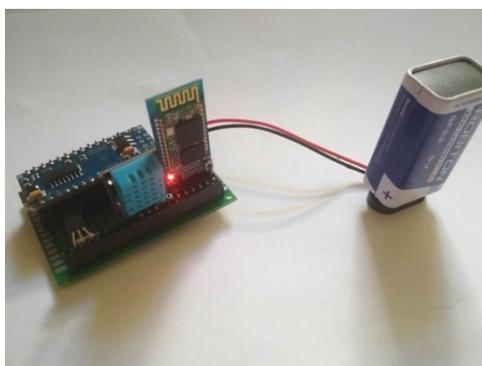


Рисунок 3 – Экспериментальная схема с bluetooth-модулем.

При помощи приложения на телефоне «Bluetooth Terminal» данные с датчиков показывались на экране телефона.

Раздел 5 включает в себя написание программы на Питоне для получения и обработки данных в компьютере, и эксперимент, заключающийся в анализе полученных данных. Для реализации программы были изучены необходимые аспекты языка Python. Это высокоуровневый, интерпретируемый язык общего назначения. Характерной особенностью этого языка является использование простого синтаксиса.

Код программы представлен в листинге 2 ВКР. Краткое описание программы заключается в следующем: считываются данные с com-порта и записываются в файл, дальше происходит их обработка, в виде проверки на выход за установленные пользователем границ температуры. После окончания измерения выводятся графики и гистограммы температур и влажности.

Дополнительно к этому рассчитывается мат. ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение и коэффициент корреляции.

Было проведено несколько экспериментов. Считывались показания температуры с датчика DS18B20, а показания влажности с DHT11. Пользователем устанавливалась верхняя граница температуры (50°C) и нижняя (20°C). Время сканирования 30 минут.

Два эксперимента:

- 1) При комнатной температуре, без дополнительного нагрева;
- 2) При комнатной температуре, с нагревом в 10 и 20 минут до срабатывания сигнала тревоги.

В первом эксперименте получились незначительные отклонения от средних значений температуры и влажности, что говорит нам о минимальном влиянии внешних факторов на окружающую среду. В результате второго эксперимента были явно выражены области повышения температуры и соответственно области понижения процента влажности. По этим областям можно судить о зависимости между влажностью и температурой: при повышении температуры влажность уменьшается. Результаты приведены ниже на рисунке 4 и рисунке 5.

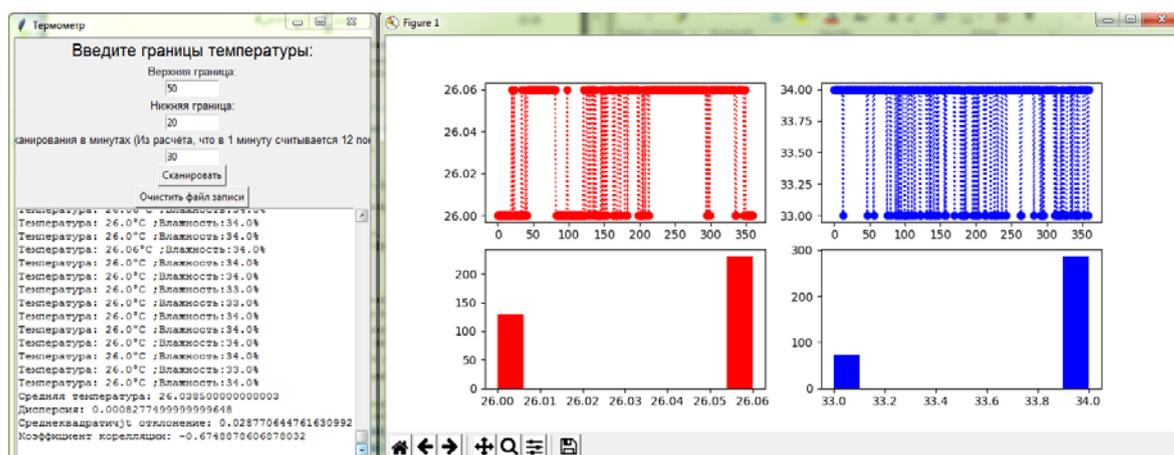


Рисунок 4 – Результат первого эксперимента.

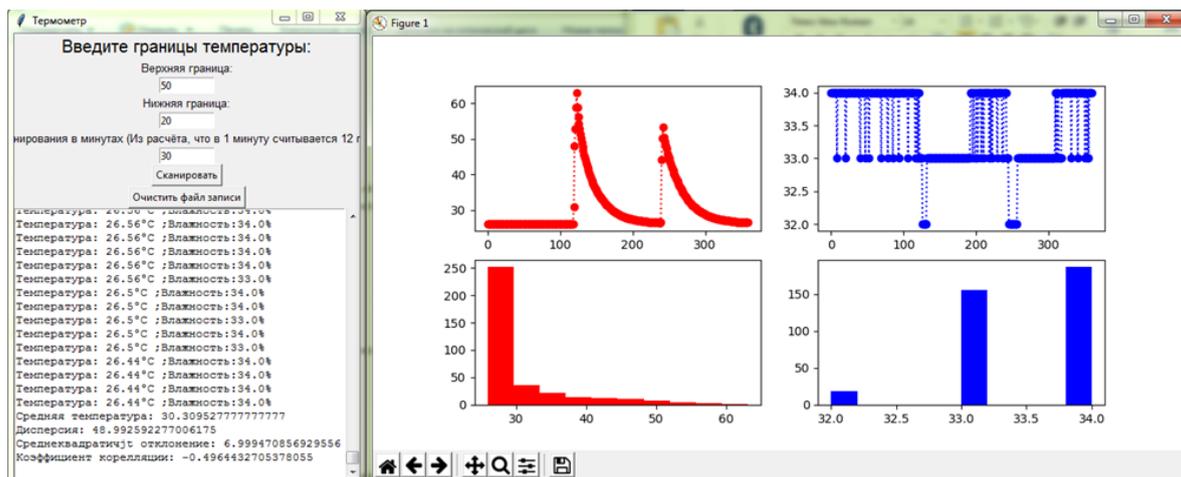


Рисунок 5 – Результат второго эксперимента.

Последний эксперимент в данном разделе заключается в анализе зависимости температуры тела человека и влажности окружающей среды. Эксперимент проводился во время сна в течение 10 часов. Датчик температуры прикреплялся в области грудной клетки (рисунок 6), а датчик влажности находился на расстоянии 1 метра от испытуемого.



Рисунок 6 – Измерение температуры.

По окончании эксперимента были получены следующие результаты (рисунок 7): в окне «Термометр» можно наблюдать список всех значений температур и влажности за время эксперимента (7200 измерений), значение средней температуры равно 34.1°C , значения дисперсии и среднеквадратичного отклонения равные 0.98 и 0.99 соответственно, и коэффициент корреляции равный -0.096.

Так как измерения проводились во время сна, а датчик был прикреплен к телу в области грудной клетки, то получившаяся средняя температура близка к истине, если учитывать погрешность датчика на 0.5°C . На графике температуры

наблюдался артефакт в виде температуры 85 градусов – это обусловлено плохим соединением датчик. Как видно в других случаях температура мало изменялась и приблизительно равна 34°C.

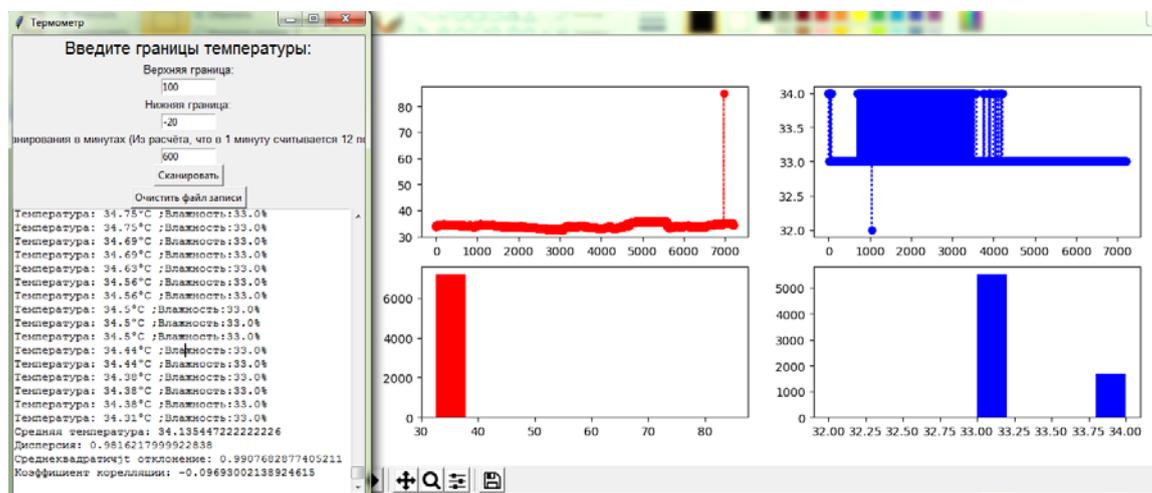


Рисунок 7 – Результат эксперимента по измерению температуры тела человека в течение 10 часов.

В результате эксперимента был сделан вывод, что прямой зависимости в данных условиях измерения нет. Но в других условиях, например, при измерении комнатной температуры и влажности, зависимость может появиться, как на рисунках 4 и 5. Из этого следует, что при анализе данных необходимо учитывать важность условий, в которых проводится эксперимент.

Заключение

Целью работы было создание устройства, позволяющего измерять одновременно температуру тела и влажность среды с возможностью передачи этих данных в компьютер по беспроводному интерфейсу.

Был проведен обзор методов и способов регистрации температуры и влажности. Была изучена компонентная база для разработки устройства, из которой были выбраны необходимые датчики.

Была построена экспериментальная система для решения нескольких задач: считывания данных, передача данных по беспроводному интерфейсу и проведение корреляционного анализа. Было проведено несколько экспериментов. В ходе первых двух экспериментов была измерена температура и влажность воздуха. В третьем эксперименте проведена длительная запись температуры тела человека и влажности окружающей среды. Был рассчитан коэффициент корреляции температуры тела человека и влажности воздуха. Программа анализа температуры снабжена возможностью установки пороговых значений, при выходе за пределы которых срабатывает предупреждающий сигнал.

Список используемых источников в ВКР

1. Борис Аладышкин. Статья по электронике «Датчики температуры (4 части)» 24.12.2011: [Электронный ресурс]. URL: http://elektromehanika.org/publ/stati_po_ehlektronike/datchiki_temperatury_4_chasti/4-1-0-127. (Дата обращения: 23.05.2018).
2. Дмитрий Макаров. Статья «Виды датчиков влажности, их принцип работы, устройство и применение» 03.06.2017: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asutpp.ru/vidy-datchikov-vlazhnosti-ih-princip-raboty-ustrojstvo-i-primeneniye.html>. (Дата обращения: 22.05.2019).
3. Дж. Фрайден «Современные датчики». Справочник. Журнал «Мир Электроники»: ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2005.
4. Р.Г. Джексон «Новейшие датчики». Журнал «Мир Электроники»: ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2007.
5. В.В. Мирошников. «Обзор существующих методов и средств измерения температуры» 05.06.08 : [Электронный ресурс]. URL: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Автоматика%20та%20приладобудування/2008/31/ОБЗОР%20СУЩЕСТВУЮЩИХ%20МЕТОДОВ%20И%20СРЕДСТВ%20ИЗМЕРЕНИЯ%20ТЕМПЕРАТУРЫ.pdf. (Дата обращения: 01.06.2018).
6. Статья «Различные подходы к измерению влажности воздуха» : [Электронный ресурс]. URL: <https://meteomaster.su/history.shtml#humidity>. (Дата обращения: 27.05.2019).
7. Эдуард. Статья. «Датчики температуры TMP35, TMP36, TMP37. Характеристики, применение, описание на русском языке» 12.06.2016: [Электронный ресурс]. URL: <http://mypractic.ru/datchiki-temperature-tmp35-tmp36-tmp37-karakteristiki-primeneniye-opisaniye-na-russkom-yazyke.html>. (Дата обращения: 27.05.2019).

8. Статья «Термопара. Виды, устройства, монтаж термопар» 18 Января 2017г.: [Электронный ресурс]. URL: http://www.eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_1518.html (Дата обращения: 22.05.2019).
9. Тимеркаев Борис. Статья «Что такое термистор (терморезистор)» Статья обновлена: 30.01.2019 : [Электронный ресурс]. URL: <https://meanders.ru/что-такое-termistor-termorezistor.shtml> (Дата обращения: 27.05.2019).
10. «Датчики температуры и влажности DHT11 и DHT22» 16.03.2018: [Электронный ресурс]. URL: <https://micro-pi.ru/dht11-и-dht22-датчики-температуры-и-влажности/>. (Дата обращения: 23.05.2018).
11. А. Еманов. Статья. Новости Электроники 5, 2008: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=48585>. (Дата обращения: 23.05.2018).
12. «Обзор датчика влажности и температуры si7021 и метеостанция на его основе» 12.02.2016: [Электронный ресурс]. URL: <https://mysku.ru/blog/aliexpress/38342.html>. (Дата обращения: 22.05.2018).
13. Чернов Геннадий. «DS18B20 русское описание работы с датчиком температуры» 2009г. : [Электронный ресурс]. URL: https://cxem.net/ckfinder/userfiles/comments/43118_ds18b20-rus.pdf <https://meanders.ru/что-такое-termistor-termorezistor.shtml> (Дата обращения: 24.05.2019).
14. «Arduino и цифровой датчик температуры DS18B20»: [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino-diy.com/arduino-tsifrovoy-datchik-temperature-DS18B20>. (Дата обращения: 23.05.2018).
15. «Arduino нано»: [Электронный ресурс]. URL: <http://all-arduino.ru/arduino-nano/>. (Дата обращения: 23.05.2018).

16. «Справочник по языку» 07.11.2014:[Электронный ресурс]. URL: https://atmel.ucoz.ru/publ/spravochnik_po_jazyku/1-1-0-1 (Дата обращения: 25.05.2019).
17. Мякишев Е.А. «Arduino:Библиотеки» (Последнее изменение: 4 марта 2017) : [Электронный ресурс].URL: <http://wikihandbk.com/wiki/Arduino:Библиотеки>. (Дата обращения: 22.05.2019).
18. «Беспроводные интерфейсы» : [Электронный ресурс].URL: https://studme.org/97205/informatika/besprovodnye_interfeysy (Дата обращения: 23.05.2019).
19. Олег Евсегнеев. Статья «Настройка bluetooth-модулей HC-05/06» (Последнее изменение: 4 Апр, 2016 19:16) : [Электронный ресурс].URL:<http://robotclass.ru/articles/bluetooth-hc-05-06/>. (Дата обращения: 23.05.2018).
20. Самелюк Александра. Статья «UART-интерфейс: описание, использование» 19 Октября, 2017: [Электронный ресурс]. URL:<http://fb.ru/article/350055/uart-interfeys-opisanie-ispolzovanie>. (Дата обращения: 23.05.2018).
21. М.В. Сысоева, И. В. Сысоев «Программирование для «нормальных» с нуля на языке Python». Часть1. Учеб.: Москва, Базальт СПО, МАКС Пресс, 2018.
22. А.Н. Леонтьев, А.Р. Лурия, А.А. Маркосян «Энциклопедия. Человек». Том 7.: «ПРОСВЕЩЕНИЕ» Москва 1966
23. А.С. Караваев «Методы обработки временных рядов». Учебно-методическое пособие. Саратов 2010г.
24. Стентон Гланц «Медико-биологическая статистика»: Практика, Москва, 1999.