**Погода в доме**

**(создание многофункционального модульного прибора для метеорологических наблюдений)**

**и не только в нем**

**(создание многофункционального модульного прибора для измерения температурного режима и влажности воздуха в помещениях школы в режиме реального времени)**

Выполнили:

ученики 8 «В» класса

ГБОУ ЦО «Тропарево»

Назаров Даниил и

Якимов Дмитрий

Руководители:

Бурова Марина Ивановна

(учитель физики)

Глянкина Елена Ивановна

(учитель географии)

**Москва, 2015-2017**

**Содержание**

[Основные сведения о работе 3](#_Toc477766259)

[Этап I. «Погода в доме» 5](#_Toc477766260)

[Создание многофункционального модульного прибора для метеорологических наблюдений 5](#_Toc477766261)

[I. Введение 5](#_Toc477766262)

[I.1. Теоретическая часть 10](#_Toc477766263)

[I.1.1. Метеорология. Общие понятия и краткая история 10](#_Toc477766264)

[I.1.2. Методы метеорологических измерений 12](#_Toc477766265)

[I.1.3. Метеостанции и отдельные метеоприборы. Краткий обзор и функции. 18](#_Toc477766266)

[I.2. Практическая часть 27](#_Toc477766267)

[I.2.1. Обзор основных функциональных возможностей домашних метеостанций 27](#_Toc477766268)

[I.2.2. Критерии разрабатываемой метеостанции 31](#_Toc477766269)

[I.2.3. Обзор выбранной аппаратно-программной платформы 31](#_Toc477766270)

[I.2.4. Выбор датчиков Arduino, требуемых для реализации проекта 35](#_Toc477766271)

[I.2.5. Макет подключения датчиков к микроконтроллеру 38](#_Toc477766272)

[I.2.6. Электрическая схема подключения датчиков к микроконтроллеру 39](#_Toc477766273)

[I.2.7. Программа управления датчиками 40](#_Toc477766274)

[I.2.8. Расчет стоимости реализации прибора 40](#_Toc477766275)

[I.3. Результаты проекта 41](#_Toc477766276)

[I.4. Перспективы развития проекта 43](#_Toc477766277)

[Этап II. «И не только в нем» 44](#_Toc477766278)

[Создание многофункционального модульного прибора для измерения температурного режима и влажности воздуха в помещениях школы в режиме реального времени 44](#_Toc477766279)

[II. Введение 44](#_Toc477766280)

[II.1. Теоретическая часть 48](#_Toc477766281)

[II.1.1. Влияние микроклимата помещений на здоровье человека 48](#_Toc477766282)

[II.1.2. Нормы, регулирующие параметры микро-климата помещений 52](#_Toc477766283)

[II.2. Практическая часть 61](#_Toc477766284)

[II.2.1. Анализ систем, представленных на рынке 61](#_Toc477766285)

[II.2.2. Критерии разрабатываемой системы 61](#_Toc477766286)

[II.2.3. Выбор аппаратной платформы 62](#_Toc477766287)

[II.2.4. Архитектура системы 63](#_Toc477766288)

[II.2.5. Электрическая схема подключения датчиков к основному модулю Arduino 64](#_Toc477766289)

[II.2.6. Интерфейсы взаимодействия контролера и базы данных 65](#_Toc477766290)

[II.2.7. Структура и схема базы данных 67](#_Toc477766291)

[II.2.8. СУБД и Web-сервер 68](#_Toc477766292)

[II.2.9. Программа взаимодействия контроллера и базы данных 69](#_Toc477766293)

[II.2.10. Программа-интерфейс доступа к данным 70](#_Toc477766294)

[II. 2.11. Расчет стоимости реализации проекта 71](#_Toc477766295)

[II.3. Результаты проекта 72](#_Toc477766296)

[II.4. Перспективы развития проекта 76](#_Toc477766297)

[Список использованных источников 77](#_Toc477766298)

[Приложение 1. *Листинг программы управления датчиками домашней метеостанции* 78](#_Toc477766299)

[Приложение 2.1. *Сравнительная таблица характеристик систем мониторинга показателей микроклимата, представленных на рынке* 82](#_Toc477766300)

[Приложение 2.2. *Листинг программы обработки показателей, передаваемых подключенными к основному модулю-контроллеру датчиками* *системы Smart Environment* 83](#_Toc477766301)

[Приложение 2.3. *Листинг программы получения значений показаний датчиков от основного контроллера и сохранения их в базе данных* 86](#_Toc477766302)

[Приложение 2.4. *Web-страница* 87](#_Toc477766303)

*Решили мужики узнать, суровая ли будет зима, пошли к чукче и спрашивают:*

*— Чукча, ты тут местный. Скажи, холодно будет зимой или не очень?*

*— Холодно, - отвечает чукча.*

*— А как ты узнал? То-то мы смотрим, ты каждый день дрова из леса таскаешь!*

*— На метеостанции сказали.*

*Собрались они, пришли на метеостанцию и спрашивают у метеоролога:*

*— Откуда ты знаешь, что зима холодная будет?*

*Метеоролог хитро подмигнул, подошел к окну и говорит:*

*— А вы сами гляньте! Вон чукча в лес за дровами пошел, значит, зима холодная будет!*

# Основные сведения о работе

Работа над проектом длилась 2 года, поэтому содержит 2 этапа, каждый из которых может быть представлен как законченный проект, при этом второй этап является логическим продолжением первого.

На первом этапе, названном «Погода в доме. Создание многофункционального модульного прибора для метеорологических наблюдений», нами была предложена идея создания домашней метеостанции собственными силами, рассмотрена актуальность ее создания, теоретические основы, а также, спроектирован и реализован прибор, который обладает рядом преимуществ, отличающих его от домашних метеостанций, представленных на рынке, а именно:

1. Метеостанция обладает новыми функциональными возможностями по сравнению с аналогами (датчик дождя, измерение освещенности, измерение уровня загазованности)
2. Прибор имеет модульную структуру, что дает возможность его расширения и модернизации в дальнейшем с учетом новых возникающих требований
3. Метеостанция имеет высокий уровень ремонтопригодности, т.к. любой вышедший из строя датчик или модуль можно самостоятельно заменить в очень короткий промежуток времени
4. Электроснабжение метеостанции организовано от элемента питания, что позволяет ей быть мобильной и не зависеть от наличия электросети
5. Стоимость прибора получилась значительно ниже, чем имеющиеся на рынке аналоги средней ценовой категории известных производителей

Второй этап проекта, названный «И не только в нем. Создание многофункционального модульного прибора для измерения температурного режима и влажности воздуха в помещениях школы в режиме реального времени», стал логическим продолжением первого и содержит идею применения полученных в первой части знаний, опыта и самого прибора как прототипа для реализации концепции автоматического мониторинга микроклимата в учебных заведениях. Данная концепция была названа нами Smart Environment. В этой части рассмотрена актуальность идеи, предложена и спроектирована система, имеющая перспективы практического использования в учебных заведениях с целью мониторинга характеристик микроклимата в учебных помещениях, соответствию их санитарно-гигиеническим требованиям, а также принятию мер по их нормализации в случае отклонений от норм. Также результатом проекта стал опытный образец системы, который на практике поможет оценить ее в действии.

Разработанная нами на втором этапе проекта автоматизированная система Smart Environment обладает следующими очевидными плюсами:

1. Обеспечивает измерение самых основных параметров микроклимата в кабинетах учебного заведения – температуры и влажности
2. Имеет модульную структуру, что обеспечивает хорошую ремонтопригодность и возможность расширения
3. Позволяет наглядно визуализировать, хранить и анализировать собранные данные в режиме реального времени. В процессе работы создан сайт, посвященный проекту ([www.smartenv.ru](http://www.smartenv.ru)), где размещены графики и другие материалы о проекте.
4. Имеет низкие ценовые показатели, которые дают возможность учебному заведению внедрить данную систему в эксплуатацию

# Этап I. «Погода в доме»

# Создание многофункционального модульного прибора для метеорологических наблюдений

## I. Введение

Толчком к созданию нашего проекта стала презентация нашего учителя географии по метеорологии. В частности, в ней упоминалось о метеозависимых людях и о том, что погодные условия в отдельно взятых местах могут отличаться от прогнозов метеослужб, которые, как правило, делаются усреднено для целых регионов. Официальные прогнозы погоды освещают такие основные метеопараметры как температура, давление и влажность. Говорить о положении в сфере измерения загазованности и уровне других загрязнений, особенно в таких больших городах, как Москва, вообще не приходиться. Эти данные могут кардинально меняться в очень короткие промежутки времени.

В результате каждый день обычные люди, среди которых, как считают медики, около 70 процентов метеозависимы и имеют проблемы с органами дыхания или страдают от аллергии, слушая прогноз перед выходом из дома или планируя свою дневную активность, не могут правильно оценить погодные условия и угрожающие их здоровью риски.

Зачастую бывает так, что погодные условия в течение дня могут резко изменяться. Например, прекрасное солнечное утро может обернуться обеденным ливнем или вечерней грозой. От того, чтобы не быть застигнутым врасплох капризами погоды человека не спасают официальные прогнозы, хотя люди тратят много времени на их просмотр и прослушивание, ведь все мы, проснувшись рано утром, сразу включаем радио или телевизор в ожидании услышать прогноз погоды на предстоящий день. Не решает проблемы и посещение специализированных сетевых ресурсов, таких как *http://www.gismeteo.ru*/, которые также как централизованные каналы дают усредненный прогноз для обширной площади, который может сильно отличаться от фактической погоды в данном конкретном районе.

Все это делает актуальным вопрос о постоянном мониторинге погодных и экологических изменений и более точном прогнозировании обстановки, пусть и всего на несколько часов вперед. Лучшим помощником при этом может стать домашняя метеостанция, которая может быть переносной и выдавать данные в удобной форме.

В первую очередь домашние метеостанции очень полезны метеозависимым людям, на самочувствие которых особенно сказывается смена погодных условий, а своевременная подготовка к вероятным недомоганиям для них порой имеет жизненно важное значение. Людям старшего возраста, страдающим от гипертонии и заболеваний сердца, неоценимую помощь окажет встроенный в метеостанцию барометр. Это позволит составить правильный режим приема лекарств и физической активности, всегда чувствовать себя хорошо тем, кто страдает низким или высоким давлением. Ведь вовремя принятое лекарство иногда может спасти человеку жизнь.

Полезны метеостанции и молодым родителям. Эти приборы помогут поддерживать оптимальную для малыша температуру в комнате и одевать его по погоде благодаря встроенному термометру.

Датчики загазованности воздуха значительно могут уменьшить риск приступов у людей, страдающих бронхолегочными заболеваниями, например, астмой. Мелкие частицы пыли, дыма, тяжелых металлов, присутствующие в воздухе, раздражают дыхательные пути и усиливают симптомы болезни. В последние годы в Москве в летний период часто наблюдается смог, накрывающий город в период горения торфяников. Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха также отмечается вблизи крупных автомагистралей. Анализируя текущий уровень содержания вредных примесей, человек может оценить риск, который несет ему пребывание в данных условиях, и вовремя принять меры, необходимые для сохранения здоровья.

Комнатный гигрометр может позволить всегда держать под контролем уровень влажности внутри помещения, что дает возможность предпринять необходимые меры для профилактики появления плесени и других болезнетворных бактерий. А анализ влажности воздуха на улице всегда подскажет, брать с собой зонт или дождя можно сегодня не ждать.

Незаменимы метеостанции и для людей, проживающих в частных домах, которые заботятся о садах и огородах. Для них правильный прогноз погоды и точность метеоданных играют важную роль для определения оптимального режима полива, посадки, прополки, удобрения и многих других мероприятий на приусадебных участках.

Итак, обладая бытовой метеостанцией, любой человек может сам делать свой прогноз погоды без доступа к интернету и сотового телефона. В отличие от глобальных, он будет более точен для каждого места жительства, позволит избежать неприятных капризов погоды и вовремя предупредить их последствия.

Указанные выше размышления натолкнули нас на идею.

***Идея***: самостоятельно спроектировать и собрать действующую модель метеостанции, которая могла бы измерять все значимые на наш взгляд характеристики окружающей среды, а также имела бы более низкую стоимость, чем готовые образцы.

***Актуальность***:

Мы считаем, что идея создания такой метеостанции является актуальной, ведь представленные сегодня на рынке домашние метеостанции не всегда могут удовлетворить запросы людей, так как набор их функций жестко ограничен производителем и не всегда включает интересующие потребителя возможности. Иногда, чтобы получить необходимое сочетание измеряемых параметров нужно иметь два и более прибора. Кроме того, стоимость метеостанций достаточно высока. Профессиональные метеостанции рассматривать с точки зрения бытового использования смысла не имеет вообще, т.к. их стоимость слишком велика. Но и непрофессиональные недешевы. Безусловно, мы берем в расчет метеостанции, не просто показывающие температуру в помещении, а обладающие датчиками основных характеристик погоды, описанных выше.

Появление идеи привело к возникновению проблемы.

***Проблема***: можно ли создать метеорологические приборы самостоятельно?

Мы решили, что есть возможность самостоятельно спроектировать и сконструировать метеостанцию, которая бы удовлетворяла заявленным нами требованиям, а именно:

1. Была недорогой
2. Обеспечивала измерение всех определенных нами в ходе проекта показателей окружающей среды
3. Имела возможность расширения под возникающие в дальнейшем потребности
4. Имела бы высокую ремонтопригодность

Мы поставили перед собой цель.

***Цель проекта***:

Выяснить, действительно ли есть возможность самостоятельно спроектировать домашнюю метеостанцию, а также реализовать метеорологический прибор своими силами.

В рамках нашей цели мы также ориентировались на создание универсальной платформы, позволяющей легко менять набор измеряемых параметров в зависимости от возникающих потребностей, а также на использование современных электронно-вычислительных устройств, цифровых датчиков и анализаторов. Это делало бы наш прибор современным, компактным, многофункциональным, а также позволило бы реализовать приобретенные навыки и повысить уровень знаний в областях программирования и создания электрических схем и практических умений использования метеорологических приборов для определения количественных и качественных характеристик компонентов погоды через понимание их назначения и принципа действия.

Перед нами встали следующие задачи.

***Задачи проекта***:

1. Изучить теоретическую основу вопроса, а именно:
   1. Рассмотреть понятие «метеорология» и краткую историю ее развития;
   2. Изучить методы метеорологических измерений;
   3. Рассмотреть принцип действия основных метеорологических приборов;
2. Провести анализ технических параметров, возможностей и недостатков представленных на рынке домашних метеостанций
3. Продумать требования к проектируемому прибору относительно необходимого набора возможностей и его конструкцию, а также проанализировать возможные преимущества, которые может обеспечить наша разработка, включая экономическую выгоду
4. Подобрать платформу для реализации и изучить доступную для создания прибора элементную базу (микросхемы и датчики)
5. Реализовать прибор (собрать электрическую схему и запрограммировать требуемую функциональность), а также осуществить отладку электрической схемы и программ управления работой прибора, проверить его в действии
6. Сделать выводы о результатах проекта и обозначить перспективы развития

В процессе создания проекта использовались следующие методы исследования:

1. *Наблюдение*

Это способ познания мира на основе непосредственного восприятия предметов и явлений с помощью органов чувств

1. *Анализ*

Это определение объекта, целей и задач, критериев для изучения объекта, структуры объекта

1. *Синтез*

Представляет собой соединение полученных при анализе частей в нечто целое

1. *Аналогия*

Такой прием познания, при котором на основе сходства объектов по одним признакам делается заключение об их сходстве и в других признаках

1. *Сравнение*

Способ показать общее в различном и различное в общем

1. *Обобщение*

В результате выявляются общие свойства и признаки объектов

1. *Аргументирование*

Логический процесс, суть которого состоит в том, что в нем обосновывается истинность решения или суждения с помощью других суждений

1. *Описание*

Анализ и представление результатов

Конечным этапом проекта является этап конструирования модели собственной метеостанции, удовлетворяющей требованиям, установленным в ходе исследовательской части.

Наш проект включает следующие ***части***:

1. Теоретическая часть: подбор и изучение материала.
2. Практическая часть: аналитический этап, конструирование прибора.

Работа над проектом проводилась в четыре ***этапа***:

1. Изучение литературы и обработка собранной информации:

*сентябрь-октябрь 2015 года*

1. Проведение исследований и анализ потребностей:

*ноябрь 2015 года*

1. Конструирование метеорологического прибора:

*декабрь 2015 года*

1. Анализ полученных результатов, обобщение собранной информации, оформление реферативной части проекта, подведение итогов, выводы и предложения для дальнейшей перспективы развития проекта:

*декабрь 2015 - январь 2016*

## I.1. Теоретическая часть

Прежде чем приступить к проектированию и созданию метеостанции, нами была изучена и систематизирована информация из различных источников, касающаяся метеорологии, методов метеорологических измерений и используемых для этого приборов.

### *I.1.1. Метеорология. Общие понятия и краткая история*

***Метеорология*** - область знания о строении и свойствах земной атмосферы и совершающихся в ней физических процессах.

Основными показателями состояния атмосферы являются температура, атмосферное давление, плотность и влажность воздуха, скорость и направление ветра. Существует также ряд дополнительных показателей, к которым относятся, например, данные о содержании таких газов, как озон, углекислый газ и т.п.

Основными задачами метеорологии являются:

1. организация системы наблюдений за атмосферными явлениями и процессами;
2. изучение всех физических и химических процессов и явлений, происходящих в атмосфере;
3. изучение закономерностей, по которым эти процессы и явления происходят;
4. прогнозирование наступления и развития атмосферных процессов и явлений;
5. разработка методов управления процессами, происходящими в атмосфере;
6. использование результатов метеорологической информации в отраслях народного хозяйства: прежде всего в авиации, для морского, железнодорожного и автомобильного транспорта, при проектировании и строительстве различных ответственных сооружений (линий электропередачи, зданий, водохранилищ, газопроводов и электростанций), в области сельского хозяйства.

Само слово «*метеорология*» произошло от двух греческих слов: «метеор», что в древней Греции означало всякое небесное явление (движение звезд, облаков и т. п.), и «логос», т. е. «изучение, познание».

Еще на заре своего существования человек пытался разобраться в окружающих явлениях природы, которые часто были ему непонятны и враждебны. Жалкие хижины плохо защищали его от непогоды, посевы его страдали от засухи или от слишком сильных дождей. Жрецы первобытных религий учили обожествлять стихии, с натиском которых человек был бессилен бороться. Первыми богами всех народов были боги солнца и луны, грома и молнии, ветров и морей.

По мере развития цивилизации в Китае, Индии, странах Средиземноморья начинаются регулярные попытки метеорологических наблюдений, появляются отдельные догадки о причинах атмосферных процессов и первые представления о климате.

Понятие «метеорология» связано с трудом древнегреческого ученого Аристотеля (IV век до нашей эры) под названием «Метеорологика», трактатом о небесных явлениях. Аристотель назвал свой труд, исходя из греческого выражения «*та метеора*» — предметы в воздухе. К ним он причислял дожди и кометы, град и метеоры, радуги и полярные сияния. Это был первый свод знаний об атмосферных явлениях. Взгляды Аристотеля затем долго определяли представления об атмосфере.

В средние века уже регистрировались наиболее выдающиеся атмосферные явления, такие как катастрофические засухи, исключительно холодные зимы, дожди и наводнения. В эпоху великих географических открытий (XV - XVI вв.) появились климатические описания открываемых стран.

Научное изучение атмосферы началось с XVII в. и совпадало с периодом бурного развития естественных наук. Были изобретены термометр (Галилей, 1597 г.), барометр (Торичелли, 1643 г.), дождемер, флюгер. Тогда же в Европе было начато и использование первых метеорологических станций. В те времена ученые уже сформировали типовой набор функций таких станций, которые включали приборы для измерения температуры, давления, влажности и количества осадков.

Первая международная метеорологическая сеть была учреждена в 1654 г. Фердинандом II Тосканским. Семь из его станций располагались в северной Италии (Флоренция, Кутильано, Валломброза, Парма, Милан), а остальные четыре – в Варшаве, Париже, Инсбруке и Оснабрюке. В 1780 г. была учреждена сеть из 39 станций, 37 из которых располагались в Европе, а две – в Северной Америке.

В России первые регулярные инструментальные метеорологические наблюдения были начаты в Петербурге в 1725 г. в сформированной по указу Петра I «Академии наук и всяческих искусств». Первая метеорологическая сеть в России из 24 метеорологических станций возникла в 1733-1744 гг., но обмен информацией осуществился только через 100 лет. В 1849 г. было открыто первое в мире научное метеорологическое учреждение Главная физическая (ныне Геофизическая) обсерватория имени А. И. Воейкова.

Важным этапом в развитии метеорологии стало создание служб погоды в разных странах. Первые официальные службы погоды были созданы, начиная с 1854 г. Поводом для этого послужила катастрофа во время Крымской войны. Англичане и французы, осаждая русский порт Севастополь, надеялись захватить город после обстрела. Но 14 ноября 1854 г. на Черном море разразилась жестокая буря, разгромившая англо-французский флот. Они обратились к директору Парижской астрономической обсерватории О.Леверье, который пришел к выводу о том, что шторм можно предсказать с помощью замеров давления в ряде районов и составления синоптических карт. Его исследования привели к зарождению службы погоды в Европе. В частности, в Англии в 1854 г. был создан метеорологический департамент, главой которого был назначен адмирал Роберт Фицрой. Основу для работ этих ведомств обеспечивали замеры температуры, давления, влажности, скорости ветра и количества осадков, то есть остающийся неизменным до наших дней стандартный набор параметров.

С появлением летательных аппаратов люди получили возможность изучения атмосферы в слоях, удаленных от земной поверхности. В 1930 году советский ученый П. А. Молчанов изобрел радиозонд, что позволило дополнить наземные наблюдения на метеорологических станциях аэрологическими наблюдениями. С середины XX в. в практику метеорологических наблюдений стали входить метеорологические радиолокаторы, ракетное зондирование атмосферы. Современные методы прогноза погоды не обходятся без информации, получаемой с метеорологических искусственных спутников Земли.

### *I.1.2. Методы метеорологических измерений*

Для исследования атмосферы применяются прямые и косвенные методы.

К прямым методам относятся методы зондирования. Зондирование - от франц. sonder – «исследовать, выведывать».

Кроме прямых методов, ценную информацию дают косвенные методы, основанные на изучении физических явлений, происходящих в высоких слоях атмосферы, проводимые лабораторные эксперименты и математическое моделирование.

Методы исследований с течением времени претерпевали существенные изменения. На первых этапах преобладали визуальные наблюдения и измерения отдельных величин у поверхности земли. Начиная с 19 века на сети метеорологических станций стали проводиться систематические визуальные наблюдения и измерения с помощью однотипных приборов. В 20 веке получили широкое развитие методы исследования с помощью радиозондов, самолетов, аэростатов, ракет, искусственных спутников Земли и т.п.

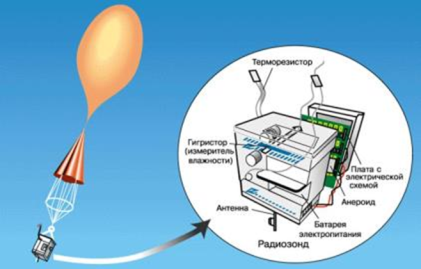
***Зондирование атмосферы*** — определение вертикального или горизонтального распределения температуры, влажности, давления, ветра и других физических параметров атмосферы. Наибольшее значение имеет вертикальное зондирование. Существует много методов вертикального зондирования:

1. С помощью радиозондов
2. Радиолокационное
3. Акустическое
4. Оптическое
5. Ракетное
6. Спутниковое

#### *I.1.2.1. Радиозонды*

Наиболее распространённый метод вертикального зондирования атмосферы – это использование ***радиозондов*** — миниатюрных метеостанций, поднимаемых резиновыми или полиэтиленовыми шарами.

Радиозонд (***метеозонд, шар-зонд, шар-пилот***) - беспилотный аэростат, предназначенный для изучения атмосферы. Состоит из резиновой или пластиковой оболочки, наполненной водородом или гелием и подвешенного к ней контейнера с аппаратурой.

Радиозонд автоматически передает на землю радиосигналы, соответст-вующие значениям давления, температуры, влажности воздуха. Скорость и направление ветра в слое, через который поднимается радиозонд, определяются с помощью радио-локаторов, ведущих непрерывное определение пространственных координат прибора. Если шар запускают только для измерения скорости ветра, то его называют «***шар-пилот***».

Запуски радиозондов производятся ежедневно несколько раз в сутки (обычно в 00:00 и 12:00 UTC).

Прибор предназначен для исследований в атмосфере до высоты 30-35 км. Рекорд высоты для метеозонда составляет 51 820м. На большой высоте шар лопается, а приборы спускаются на парашюте и могут быть использованы вновь.

Среди многочисленных разновидностей радиозондов имеются и такие, которые сбрасываются с самолета или аэростата — тогда зондирование происходит сверху вниз.

Результаты радиозондирования являются исходными материалами для составления прогноза погоды. Для научно-исследовательских целей наряду с массовыми радиозондами периодически поднимаются специальные радиозонды, измеряющие состав атмосферы, радиационные потоки и т.д.

#### *I.1.2.2. Радиолокационное зондирование*

Этот метод зондирования основан на радиолокации - определении свойств различных объектов с помощью электромагнитных (радио) волн. Радиолокаторы называются ещё *радарами*. Метеорологическая радиолокация является основным средством получения информации об облачности, осадках и связанных с ними опасных явлениях погоды. Сигнал, посылаемый радиолокатором, отражается дождем, снегом и т.д., и этот отраженный сигнал поступает на принимающее устройство.



На экране радара можно обнаружить скопления облаков, области осадков, грозы, атмосферные вихри в тропиках (ураганы и тайфуны) в значительном отдалении от наблюдателя и прослеживать их перемещение и эволюцию.

Получаемые на основе радиолокационных наблюдений сверхкраткосрочные прогнозы погоды и шторм-предупреждения широко используются для метеорологического обеспечения транспорта (воздушного и наземного) и функционирования инфраструктуры больших городов и крупных промышленных центров.



#### *I.1.2.3. Акустическое зондирование*

При акустическом зондировании определяется распределение температуры и ветра по измерению времени и направления прихода звуковых волн, которые при распространении через атмосферу рассеиваются в обратном направлении и регистрируются приемником. Акустические локаторы, применяемые для зондирования, называются ещё *содарами*. Достоинством содаров является их относительная простота и не очень высокая стоимость, они достаточно надежно обеспечивают измерение скорости и направления ветра в диапазоне высот от 20 до 200-800 м метров. К недостаткам следует отнести то, что излучаемый сигнал является слышимым для человеческого уха и вызывает неприятные ощущения у людей, поэтому содары рекомендуется использовать вне населенных пунктов.



#### *I.1.2.4. Оптическое зондирование*

Это способ, при котором осуществляется посылка в атмосферу световых импульсов. Ранее с использованием метода оптического зондирования осуществлялось измерение плотности облаков с помощью луча прожектора. Сегодня оптическое зондирование с помощью лазерного луча стало одним из самых надежных и точных методов исследования атмосферы на высоте десятков километров. Лазерные локаторы, применяемые для зондирования атмосферы, называются *лидарами*. Использование лазерных средств основано на явлениях отражения света и его рассеяния в различных средах (поглощение и рассеяние излучения атомами и молекулами атмосферных газов; рассеяние на частицах атмосферных аэрозолей — облака, туманы, осадки, дым, пыль и т.д.).



Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником. В процессе лазерного зондирования практически мгновенно с высокой точностью определяются значения того или иного метеорологического параметра по всему следу луча.

Также существуют оптические средства, использующие излучения ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов.

#### *I.1.2.5. Ракетное зондирование*

Представляет собой запуск в атмосферу метеорологических ракет (до высоты до 100 км) для исследования ее верхних слоев, главным образом мезосферы и ионосферы. Приборы исследуют атмосферное давление, магнитное поле Земли, космическое излучение, спектры солнечного и земного излучений, состав воздуха и т.д. Показания приборов могут передаваться как в виде радиосигналов, так записываться локально и изыматься после приземления контейнера с аппаратурой. Метеорологические приборы обычно размещаются в носовой части (головке) ракеты. Достигнув заданной высоты, головка ракеты автоматически отделяется от ее корпуса и вместе с приборами на парашюте опускается на Землю. Часть измерений производится при подъёме ракеты, а часть — при спуске.

Для исследования более высоких слоев атмосферы (ионосферы) существуют большие ракеты, называемые геофизические.

#### *I.1.2.6. Спутниковое зондирование*

Поскольку станции радиозондового и ракетного зондирования атмосферы дают лишь 20% метеорологической информации, необходимой для прогноза погоды, и оставляют почти неосвещенными обширные океанические, приполярные и горные районы, важнейшую роль играет зондирование с помощью искусственных метеорологических спутников Земли, дающих возможность сбора метеорологической информации над всеми районами земного шара.

Метеорологический спутник предназначен для наблюдения за распределением облачного, снегового и ледового покровов, измерения теплового излучения земной поверхности и атмосферы и отраженной солнечной радиации с целью получения метеорологических данных для прогноза погоды.

Метеорологическая информация регистрируется бортовыми вычислительными устройствами с запоминанием и последующей передачей на наземные станции. Специальные метеорологические спутники снабжены телевизионной аппаратурой для передачи на Землю фотографий.

Метеоспутники вместе со станциями приёма и обработки данных образуют метеорологическую космическую систему. Для обеспечения географической привязки метеорологической информации на спутнике установлены системы, постоянно и точно ориентирующие спутник на Землю и по направлению полёта. Электроснабжение бортовой аппаратуры осуществляется от солнечных батарей с автономной системой ориентации на Солнце и химическими батареями. Высота полёта существующих спутников 400—1500 км, что обеспечивает полосу обзора до 1000 км и более.





Аппаратура, устанавливаемая на метеорологических искусственных спутниках Земли (МИСЗ), позволяет видеть облака и облачные системы сверху днем и ночью, прослеживать изменение температуры с высотой, измерять ветер над океанами и т. п. Применение лазеров позволяет с большой точностью определять малые примеси естественного и антропогенного происхождения, оптические свойства безоблачной атмосферы н облаков, скорость их движения и др.

Широкое использование электроники существенным образом автоматизирует обработку измерений, упрощает и ускоряет получение конечных результатов. Успешно осуществляется создание полуавтоматических и полностью автоматических метеорологических станций, передающих свои наблюдения в течение более или менее длительного времени без вмешательства человека.

В оперативном режиме информацию МИСЗ принимают в 125 странах мира на более чем 1000 приемных станций.

### *I.1.3. Метеостанции и отдельные метеоприборы. Краткий обзор и функции.*

Итак, ***метеостанция*** — совокупность различных приборов для метеорологических измерений.

Метеорологические приборы, установленные на метеостанциях, предназначены как для непосредственных срочных измерений (например, термометр или барометр для измерения температуры или давления), так и для непрерывной регистрации тех же элементов во времени, как правило, в виде графика или кривой (например, термограф и барограф).

На классической метеостанции обычно имеются следующие метеорологические приборы:

1. термометр для измерения температуры воздуха и почвы
2. гигрометр для измерения влажности воздуха
3. барометр для измерения давления
4. анемометр для измерения скорости и направления ветра
5. плювиометр для измерения осадков
6. плювиограф для непрерывной регистрации жидких осадков
7. термограф для непрерывной регистрации температуры воздуха
8. гигрограф для непрерывной регистрации влажности воздуха
9. барограф для определения барометрической тенденции давления
10. гололедный станок для измерения гололедно-изморосевых отложений
11. ледоскоп для определения измороси и инея
12. гелиограф для непрерывной регистрации солнечного сияния

На крупных метеостанциях могут быть также установлены и дополнительные приборы, например, испаромер для измерения величины испарения с земной поверхности.

На метеорологических станциях основного типа регистрируются следующие метеорологические величины:

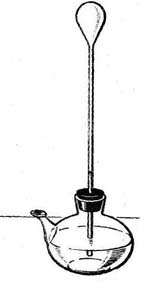
1. температура воздуха на высоте 2 м над земной поверхностью;
2. атмосферное давление;
3. влажность воздуха;
4. ветер - горизонтальное движение воздуха на высоте 10 - 12 м над земной поверхностью (измеряется его скорость и определяется направление, откуда дует ветер);
5. количество осадков, выпавших из облаков, их типы (дождь, морось, снег и пр.);
6. облачность - степень покрытия неба облаками, типы облаков, высота нижней границы облаков;
7. наличие и интенсивность различных осадков, образующихся на земной поверхности и на предметах (росы, инея, гололеда и пр.), а также тумана;
8. горизонтальная видимость - расстояние, на котором перестают различаться очертания предметов;
9. продолжительность солнечного сияния;
10. температура на поверхности почвы и на нескольких глубинах в почве;
11. состояние поверхности почвы;
12. высота и плотность снежного покрова;
13. на некоторых станциях измеряется испарение воды с водных поверхностей или с почвы;
14. метеорологические и оптические явления: метели, шквалы, смерчи, мгла, пыльные бури, грозы, полярные сияния, радуга и др.

В программы наблюдений обсерваторий и ряда специальных станций входят еще наблюдения над солнечной радиацией, земным излучением, отражательными свойствами поверхности земли и воды; наблюдения над температурой и влажностью воздуха на разных высотах в приземном слое воздуха; измерения содержания в воздухе озона, пыли, химических примесей, радиоактивных продуктов и др.

Кратко остановимся на основных приборах и их функциях.

#### *I.1.3.1. Измерение температуры*

Эта функция является самой основной и важной в каждой метеостанции. Любая метеостанция содержит в своем составе датчик температуры наружного воздуха. Обычно это защищенный прибор, позволяющий определять температуру в любое время суток и в любых погодных условиях. Единицами измерения, как правило, являются градусы по шкалам Цельсия и Фаренгейта, но в научных экспериментах использую шкалу Кельвина.

В метеорологических ***термометрах*** чаще всего используется способность жидкости, заключенной в стеклянную колбочку, к расширению и сжатию. Обычно стеклянная капиллярная трубочка заканчивается шаровидным расширением, которое служит резервуаром для жидкости. Чувствительные метеорологические термометры имеют большие резервуары и тонкие трубки.

Сказать сегодня, кто же именно создал термометр — довольно сложно. Над этим одновременно работали многие ученные Италии, Германии, Англии, Франции. Ученики Г.Галилея засвидетельствовали, что в 1597 году он создал термоскоп — аппарат для поднятия воды при помощи нагревания.

Термоскоп представлял собой небольшой стеклянный шарик с припаянной к нему стеклянной трубкой. Разница между термоскопом и современным термометром в том, что в изобретении Галилея вместо ртути расширялся воздух. Когда он охлаждался, возникало разряжение, которое поднимало воду в трубке. Это позволяло судить об относительной степени нагрева или охлаждения, так как шкалы у него ещё не было. В 1657 году флорентийские учёные усовершенствовали термоскоп Галилея, снабдив прибор шкалой из бусин. Позже другие учёные пытались усовершенствовать прибор, но все термометры были воздушные, и их показания зависели не только от изменения температуры тела, но и от атмосферного давления.

Первые термометры с жидкостью были описаны в 1667 году, но они лопались, если вода замерзала, поэтому для их создания начали использовать спирт. Изобретение термометра, данные которого не обусловливались бы перепадами атмосферного давления, произошло благодаря экспериментам физика Эванджелиста Торричелли, ученика Галилея. В результате термометр наполнили ртутью, перевернули, добавили в шар подкрашенный спирт и запаяли верхний конец трубки.

В наши дни помимо ртутных, спиртовых, жидкостных, применяются газовые, оптические, инфракрасные, механические, а также электронные термометры, которые работают с использованием различных датчиков.

Выбор жидкости для термометра зависит в основном от диапазона измеряемых температур. Ртуть используется для измерения температур выше –39° С – точки ее замерзания. Для более низких температур применяются жидкие органические соединения, например, этиловый спирт.

К электрическим термометрам относится устройство с термоэлементом – терморезистор, или термистор. Преимуществами терморезистора являются высокая чувствительность и быстрота реакции на изменение температуры. Терморезисторы применяются на метеорологических спутниках, шарах-зондах и в большей части комнатных цифровых термометров.

Проблемой использования термометра является правильный монтаж наружного датчика, чтобы избежать неправильного изменения этого параметра. Нужно знать, что он должен находиться на высоте около 2 м над землей и не может быть расположен под прямыми солнечными лучами, в противном случае измерение будет неточным.

Стандартные приборы обычно предназначены для измерения температуры снаружи, но в последнее время добавляется полезная функция определения температуры внутри помещения, что облегчает выбор режимов отопления и проветривания. Кроме очевидного практического ежедневного значения, измерение температуры воздуха может помочь спрогнозировать ее изменение во времени. Для этого достаточно отмечать каждый день на графике среднюю дневную и среднюю ночную температуру, чтобы увидеть общую тенденцию к её изменению. Бывают и исключения, при резких порывах ветра температура может резко измениться за несколько часов. Ночью температура всегда ниже, а перепады более плавные, днем же сильное влияние оказывает Солнце, достаточно ему выйти из-за тучки и воздух начинает резко прогреваться.

Для фиксации этих данных раньше широко применяется термограф. Этот прибор (его название происходит от греческих слов Therme - тепло и Grapho – пишу) представляет собой самописец, непрерывно регистрирующий температуру воздуха и записывающий ее изменения в виде кривой. Термограф располагается на метеостанции в специальном контейнере. Сейчас также используются электронно-цифровые носители.



#### *I.1.3.2. Измерение давления*

Атмосферное давление, которое измеряется в Паскалях, является важным параметром для людей, которые чувствительны к изменениям погоды. Давление измеряет большинство метеорологических станций.

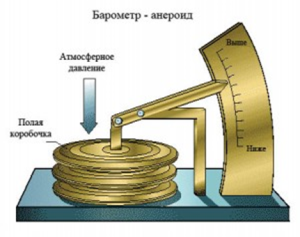
Зная величину атмосферного давления, можно определить тенденции измерения погоды. Практическое значение атмосферного давления следующее: низкое атмосферное давление собирает в данной области облака, повышается вероятность выпадения осадков, высокое атмосферное давление обеспечивает ясную, солнечную погоду. Отмечая на карте изменения давления, можно определять направление ветров и перемещение циклонов. Комфортной для организма человека нормой принято считать 750 мм рт. ст.

Существуют два основных типа ***барометров*** – ртутный и анероидный. Ртутный барометр более точен и надежен, чем анероид. Анероид же более компактен и удобен, его можно сделать карманным.

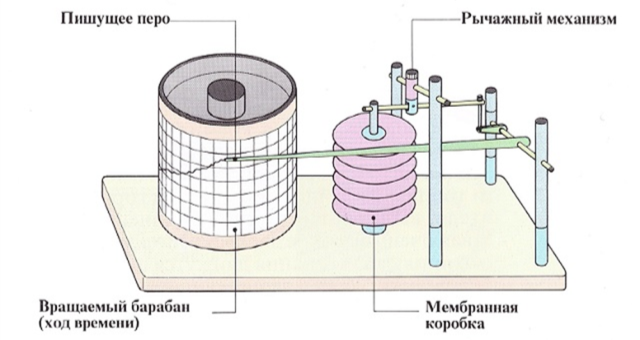
Название прибора происходит от греческих слов «тяжесть» и «измеряю». Его история насчитывает несколько столетий и связана с именем ученного Г.Галиллея, который предложил идею создания барометра. Однако приблизиться к созданию барометра удалось лишь в 1643 году его знаменитым ученикам Винченцо Вивиани и Эванджелисто Торричелли, которые провели эксперимент с наполненной ртутью трубкой с запаянным концом. Первый в истории прибор был сконструирован после данного эксперимента, который стал началом научной метеорологии.



Известный английский ученый Роберт Гук в 1670 году создал шкалу для барометра, низкое давление в которой указывало, что приближается дождь или шторм, а сухую и солнечную погоду предвещало высокое давление. Благодаря высокой точности измерения ртутный барометр быстро нашел широкое применение в метеорологии. В 1657 году ученым Отто фон Герике был сконструирован водяной аналог этого прибора, а затем, опираясь на идею немецкого физика-математика Готфрида Вильгельма фон Лейбница, французский инженер Люсьен Види в 1847 г. построил первый анероидный или безжидкостный барометр. Главной составляющей анероидного барометра является запаянный металлический цилиндр, имеющий гофрированную поверхность. Цилиндр с откаченным воздухом сжимается, если давление повышается, и, наоборот, расширяется, если оно понижается. Точность измерения атмосферного давления анероидным барометром несколько ниже ртутного, но зато он безопасен, и его можно использовать в бытовых условиях. Барометры-анероиды компактны и сравнительно недороги и используются как в помещении, так и на стандартных метеорологических радиозондах.



Для фиксации измеряемых данных с целью последующего анализа используется ***барограф***.



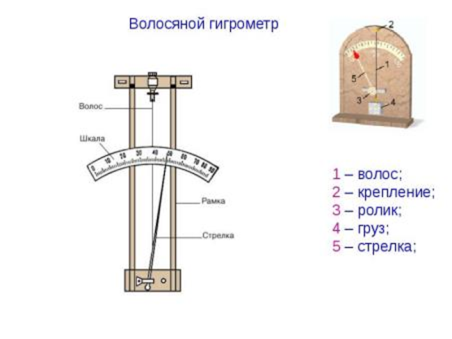
В наши дни благодаря развитию электронных приборов барометры стали намного компактнее, точнее и безопаснее.

#### *I.1.3.3. Измерение влажности*

Влажность, которая показывает количество водяного пара в воздухе, как и температуру в наши дни измеряют внутри и снаружи помещения. Оптимальное значение влажности воздуха внутри помещения должно находиться в диапазоне от 40 до 60 процентов, но, к сожалению, в отопительный сезон эти показатели часто ниже. От этого параметра зависит наш комфорт и здоровье. В местах, где постоянно скапливается влага, создаются, благоприятные условия для развития плесени, грибковых спор, что отрицательно влияет на здоровье находящихся вблизи людей.

Для его измерения используется специальный прибор – ***гигрометр***. Его название происходит от греческого слова Hygros – «влажный». Гигрометры бывают волосными, конденсационными и весовыми.

История создания гигрометра связана с Леонардо да Винчи, который в 15 веке создал прототип гигрометра. Первый практический гигрометр был сконструирован в 1664 г. итальянским ученым Франческо Фолли. В 1783 г. швейцарец Орас Бенедикт де Соссюр изобрел гигрометр, который использовал человеческий волос для измерения влажности. Он был основан на свойстве человеческого волоса изменять длину в зависимости от влажности.

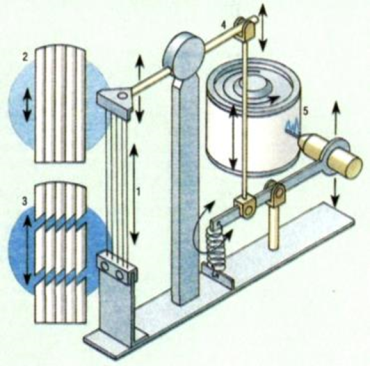


Его последователь - пленочный гигрометр - использует тот же принцип действия, но волос в нем заменен полимерной пленкой. Данный тип гигрометров применяется во всех аналоговых метеостанциях.

Различают абсолютную влажность – это масса водяного пара в воздухе отнесенная к единице объема воздуха, и относительную – это отношение текущей абсолютной влажности к максимально возможной абсолютной влажности при данной температуре. Другой важный параметр, которым определяется влажность – точка росы. Точка росы – это температура, до которой должен охладиться воздух, для образования росы при данной влажности.

Иногда используют электролитический гигрометр, который использует изменение проводимости и сопротивления соли электролита нанесенного на пластинку в зависимости от влажности. Такие элементы обычно используются в комплектах приборов для метеорологических шаров-зондов. При прохождении зонда сквозь облако прибор увлажняется, а его показания в течение довольно длительного времени (пока зонд не окажется за пределами облака и не высохнет чувствительный элемент) изменяются. Конденсационный гигрометр служит для определения точки росы.

Приборы, способные регистрировать данные называют ***гигрографами***.

#### *I.1.3.4. Измерение количества осадков*

Для сбора и измерения количества выпавших атмосферных осадков используется ***плювиометр***.

Его название происходит от латинского слова «плувио» - дождь. Этот прибор представляет собой цилиндрическое ведро строго определенного сечения, устанавливаемое на метеоплощадке. Количество осадков определяется путем сливания попавших в ведро осадков в специальный дождемерный стакан, площадь сечения которого также известна.

Для непрерывной регистрации осадков в период жидких осадков используется ***плювиограф***.

Плювиографы автоматически взвешивают собранную воду или подсчитывают, сколько раз маленький измерительный сосуд наполнился дождевой водой и автоматически опорожнился.

#### *I.1.3.5. Измерение скорости ветра*

Для измерения скорости ветра используется ***анемометр***. Обычно применяют чашечный анемометр.

Этот прибор состоит из трех или более конусообразных чашек, вертикально прикрепленных к концам металлических стержней, которые отходят от вертикальной оси. Ветер действует с наибольшей силой на вогнутые поверхности чашек и заставляет ось поворачиваться. Скорость вращения измеряется электрическим счетчиком, который сигнализирует, когда определенный объем воздуха обтекает анемометр. Электрический сигнал включает световой сигнал и записывающее устройство на метеостанции.

В 1805 Фрэнсис Бофорт, моряк британского флота, для характеристики силы ветра на море разработал 12-балльную шкалу. В 1926 к ней были добавлены оценки скорости ветра на суше. В 1955, чтобы различать ураганные ветры разной силы, шкала была расширена до 17 баллов.

#### *I.1.3.6. Измерение уровня освещенности*

***Гелиограф*** (от греческого слова Helios – солнце) - прибор, регистрирующий продолжительность и интенсивность солнечного свечения. Основная часть прибора - хрустальный шар диаметром около 90 мм, работающий как собирающая линза при освещении с любой стороны. На фокусном расстоянии параллельно поверхности шара располагается картонная лента с делениями. Солнце, передвигаясь в течение дня по небу, прожигает в этой ленте полоску. В те часы, когда Солнце закрыто облаками, прожог отсутствует. Время, когда Солнце светило и когда оно было скрыто, читается по делениям на ленте.

Этот параметр необходимо измерять и внутри помещения для создания комфортной и уютной квартиры или необходимых условий работы. Солнечный свет имеет большое биологическое и психологическое значение, под его влиянием ускоряется рост тканей, улучшается обмен веществ, меняется химический состав крови, улучшается самочувствие и работа желез внутренней секреции. Поэтому позаботиться о хорошем освещении в помещении – залог хорошего здоровья.

Также данная опция полезна для людей, занимающихся выращиванием сельскохозяйственных культур в теплицах в осенне-зимний период, когда необходимо контролировать и регулировать уровень искусственного освещения для хорошей урожайности растений.

Итак, в представленной теоретической части проекта мы изучили и систематизировали информацию о метеорологии, краткой истории ее развития, о методах метеорологических измерений и приборах, используемых в метеорологии.

## I.2. Практическая часть

В ходе практической части нами был проведен анализ технических параметров, возможностей и недостатков представленных на рынке домашних метеостанций, сформулированы требования к проектируемому прибору относительно необходимого набора возможностей, продумана конструкция прибора с учетом возможных его преимуществ. Мы также осуществили подбор платформы для реализации метеостанции, спроектировали принципиальную и электрическую схему прибора. Конечным продуктом проекта стала сконструированная своими руками домашняя метеостанция.

### *I.2.1. Обзор основных функциональных возможностей домашних метеостанций*

Что представляют собой домашние метеостанции? В первую очередь это комплекс приборов, позволяющих в домашних условиях определять температуру в помещении, вне помещения, измерять влажность воздуха и атмосферное давление. Функциональный набор домашней метеостанции повторяет основные возможности стационарных метеорологических пунктов, как правило, ограничиваясь измерением стандартного набора параметров – температура в помещении и снаружи, давление и влажность воздуха. Часто в быту встречаются сувенирные экземпляры, включающие стрелочные аналоговые приборы – барометр и термометр.

Однако основную долю рынка занимают электронные метеостанции, использующие для анализа окружающей среды цифровые и интегральные датчики. Перед проектированием собственной метеостанции мы изучили основные моменты, которые определяют выбор людей при покупке таких приборов. В частности, отзывы пользователей указывают на то, что большинство из них при покупке прибора в первый раз не совсем представляют оптимальный набор функций устройства. Кто-то основывает свой выбор исключительно на дизайне, для других важна цена, а третьи обращают внимание на какие-то дополнительные опции.

Для работы в рамках проекта мы выбрали шесть моделей метеостанций: ***Oregon Scientific***, ***EA2***, ***La-crosse***, ***Uniel***, ***Hama*** и ***Vitek***, которые относятся примерно к средней ценовой категории – около 5 000 руб.

***Oregon Scientific***

Это одна из старейших компаний, выпускающая самую широкую линейку домашних метеостанций: от самых простых и доступных моделей, до полупрофессиональных моделей с большим числом внешних датчиков и доступом в интернет. В последнее время компания уделяет большое внимание интеграции домашней метеостанции с мобильными устройствами, позволяя выводить полученные данные на экраны наших смартфонов и планшетов. Для анализа была выбрана модель средней ценовой категории BAR801. Это одна из самых популярных моделей.

***Ea2***

Компании Eа2 специализируется исключительно на метеостанциях. Для сравнения была взята модель EN209.

***La Crosse***

На сегодняшний день, под брендом La Crosse представлено около десятка домашних и профессиональных моделей метеостанций. Модель WS9057, которая была выбрана, является одной из самых доступных в линейке.

***Hama***

Компании Hama представляет широкий выбор метеостанций. Для сравнения была выбрана метеостанция EWS-440.

***Uniel***

Была выбрана модель UTV-64.

***VITEK***

Компания VITEK выпускает большое количество недорогой бытовой техники, среди которой есть и метеостанции. Мы выбрали модель VT-6401.

В результате сравнения указанных моделей была составлена сравнительная таблица:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0820225357_img_id4290689525723998507.jpg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=8293391&hid=477439) | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0815094908_img_id3778670559261674127.jpg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=7329626&hid=477439) | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0211085904_img_id6336344536854034656.jpeg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=10682566&hid=477439) | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0809150027_img_id1374349031809644482.jpg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=7329496&hid=477439) | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0717175901_img_id7105454838257802193.jpg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=7329702&hid=477439) | [https://mdata.yandex.net/i?path=b0807204425_img_id5997761717820509433.jpg&size=2](https://market.yandex.ru/model.xml?modelid=7340715&hid=477439) |
| Оценка покупателей | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 |
|  | **Oregon Scientific BAR801** | **La Crosse WS9057** | **Ea2 EN209** | **HAMA EWS-440** | **VITEK VT-6401** | **Uniel UTV-64** |
| Средняя цена | **4400 руб.** | **4415 руб.** | **5530 руб.** | **5270 руб.** | **3150 руб.** | **3504 руб.** |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дополнительная информация |  | автоматическая синхронизация DCF-77, уровень комфорта |  | автоматическая синхронизация DCF-77, предупреждение заморозков | индикатор комфортности и точки росы; предупреждение о гололеде | индикатор комфортности и точки росы |
| Измерение темп-ры в помещении | + | + | + | + | + | + |
| Измерение темп-ры вне помещения | + | + | + | + | + | + |
| Измерение влаж-ти в помещении | — | + | + | + | + | + |
| Измерение влаж-ти вне помещения | — | + | + | + | + | + |
| Измерение атмосферного давления | + | + | + | + | + | + |
| Диапазон показателей темп-ры в помещении | -5°C до +50°C | -9.9ºC до +59.9ºC с точностью 0.1°C | -9.9ºC до +50ºC | -5°C до +50°C с точностью 0.1°C | 0ºC до +50ºC с точностью 0.1°C | 0ºC до +50ºC с точностью 0.1°C |
| Диапазон показателей темп-ры вне помещения | -40°C до +60°C | -39.9ºC до +59.9ºC с точностью 0.1°C | -40°C до +50°C | -10°C до +60°C с точностью 0.1°C | -20ºC до +60ºC с точностью 0.1°C | -40ºC до +60ºC с точностью 0.1°C |
| Диапазон показателей влаж-ти в помещении | — | от 20% до 95% с точностью 1% | от 20% до 99% | от 20% до 80% с точностью 1% | от 20% до 99% с точностью 1% | от 20% до 99% с точностью 1% |
| Диапазон показателей влаж-ти вне помещения | — | от 1% до 99% с точностью 1% | от 20% до 99% | от 30% до 80% с точностью 1% | от 20% до 99% с точностью 1% | от 20% до 99% с точностью 1% |
| Диапазон показателей атмосферного давления | в техническом паспорте не указан | в техническом паспорте не указан | от 637 до 787 мм ртутного столба | от 374,5 до 823,8 мм ртутного столба | в техническом паспорте не указан |  |
| УФ-излучение и уровень освещенности | — | — | — | — | — | — |
| Уровень комфорта | — | + | — | — | + | + |
| Радиус приема сигнала датчика (м) | 100 | 100 | 30 | 30 | 75 | 30 |
| Часы | + | DCF радиоконтролируемые | + | DCF радиоконтролируемые | + | + |
| Питание | автономное | автономное | автономное/от сети | автономное | автономное/от сети | автономное/от сети |
| Частота радиоканала | 433 МГц | 868 МГц | 433 МГц | 433 МГц | 433 МГц | 433 МГц |
| Интерфейс USB | — | — | — | — | — | — |
| Подключение к интернету | — | — | — | — | — | — |

Приведенный в таблице сравнительный анализ показывает, что:

1. Цифровые метеостанции различных производителей, представленные на рынке, имеют схожий набор возможностей измерения, как правило, ограниченный температурой, влажностью и давлением.
2. Их ценовые технические характеристики очень близки.
3. Большинство из них имеют привлекательный дизайн, упакованы в компактные пластиковые корпуса, которые практически не позволяют проводить ремонт прибора и исключают возможность замены устаревших элементов современными образцами, а также наращивания технических и функциональных возможностей.
4. Большинство приборов используют оригинальные датчики, которые не могут быть заменены аналогами от других производителей.
5. Ни одна из рассматриваемых метеостанций не позволяет контролировать экологические параметры окружающей среды, такие как уровень освещенности, степень загрязнения воздуха вредными выбросами.
6. Ни одна из метеостанций не имеет интерфейса USB и возможности подключения к компьютеру и цифровым сетям передачи данных, что могло бы дать средства для дистанционного использования прибора, сбора и анализа статистических данных о погоде в данной конкретной местности, а также предавать текущие значения показателей окружающей среды на специализированные интернет-ресурсы.
7. Средняя стоимость метеостанции превышает несколько тысяч рублей, что составляет ощутимую долю доходов значительной части населения страны.

### *I.2.2. Критерии разрабатываемой метеостанции*

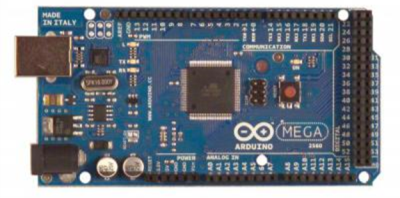
На основании анализа имеющихся на рынке домашних метеостанций мы сформулировали для себя основные критерии, которыми должна обладать проектируемая метеостанция:

1. Конструируемая метеостанция должна иметь возможность измерения следующих показателей:
   1. Температура в помещении
   2. Температура вне помещения
   3. Влажность в помещении
   4. Влажность вне помещения
   5. Атмосферное давление
   6. Степень загрязненности воздуха угарными газами
   7. Уровень освещенности помещения
2. Метеостанция должна иметь модульную структуру, которая бы обеспечивала возможность наращивания ее функционала в будущем
3. Метеостанция должна иметь возможность подключения в будущем к ПК и интернету для возможности последующей реализации сбора и анализа статистических данных показателей окружающей среды в данной местности
4. Стоимость проектируемого прибора должна быть ниже цены представленных на рынке устройств различных производителей среднего класса

### *I.2.3. Обзор выбранной аппаратно-программной платформы*

Было принято решение осуществить разработку метеостанции на базе микроконтроллера ***Arduino*** с связи с широкими возможностями его использования и расширенным ассортиментом различных датчиков и деталей, представленным сегодня на рынке.

Arduino — один из самых распространенных контроллеров. Контроллер — это миниатюрный компьютер с набором входов и выходов, работающий по заранее написанной программе.



Arduino чрезвычайно удобен для построения прототипов электронных устройств и поэтому пользуется популярностью среди любителей, студентов и вполне серьезных изобретателей по всему миру. На то есть несколько веских причин.

Во-первых, Arduino действительно универсален. С помощью специальных плат расширения его можно обучить общению с другими устройствами по Wi-Fi, Bluetooth и GPRS, принимать SMS-сообщения и телефонные звонки.

Во-вторых, Arduino использует упрощенный язык программирования, с которым может справиться даже начинающий пользователь. Контроллер представляет собой не просто микросхему, а плату с готовой схемой питания и интерфейсами для подключения к компьютеру, входным и выходным компонентам.

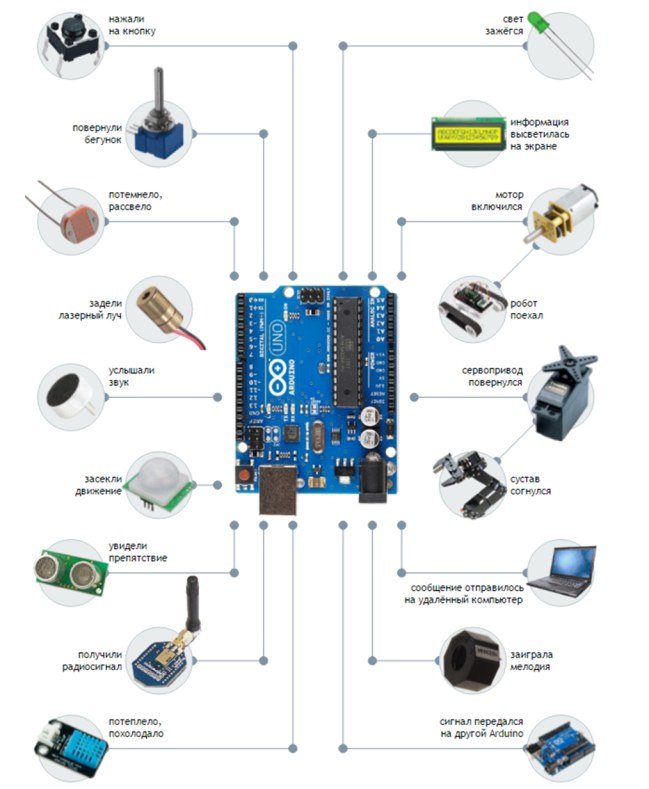
Наконец, Arduino дешев. Не настолько, чтобы использовать его в оптовом промышленном производстве (для этого лучше применять отдельные чипы), но как раз настолько, чтобы любой изобретатель, дизайнер или программист, у которого есть оригинальная идея, мог приобрести контроллер и создать на его основе действующий прототип.

***Arduino. Общие сведения***

Arduino - это эффективное средство разработки программируемых электронных устройств, которые, в отличие от персональных компьютеров, ориентированы на тесное взаимодействие с окружающим миром.

Это небольшая плата с собственным процессором и памятью. На плате также есть пара десятков контактов, к которым можно подключать всевозможные компоненты: лампочки, датчики, моторы, роутеры, магнитные дверные замки и вообще всё, что работает от электричества.

В процессор Arduino можно загрузить программу, которая будет управлять всеми этими устройствами по заданному алгоритму. Таким образом можно создать бесконечное количество уникальных гаджетов, сделанных своими руками и по собственной задумке.



Представленная схема не отражает и миллионной доли всех возможностей, но всё же даёт основное представление об Arduino.

Свою бешеную популярность Arduino приобрела благодаря простоте и дружелюбности. Даже не профессионал в программировании и схемотехнике может освоить основы работы с Arduino. Этому способствуют тысячи публикаций, учебников, заметок в интернете и отличная серия видеоуроков по Arduino на русском языке.

Программы для Arduino пишутся на упрощенном C++, дополненным функциями для управления вводом/выводом на контактах.

Для удобства работы с Arduino существует бесплатная официальная среда программирования «Arduino IDE», работающая под Windows, Mac OS и Linux. Я буду использовать среду программирования под Windows, которую необходимо установить на собственный ПК. С помощью неё загрузка новой программы в Arduino становится делом одного клика, надо лишь подключить плату к компьютеру через USB.

Полноценные устройства можно собирать, используя специальную макетную доску, перемычки и провода абсолютно без пайки.

Ещё одной отличительной особенностью Arduino является наличие плат расширения, так называемых shields или просто «шилдов». Это дополнительные платы, которые ставятся подобно слоям бутерброда поверх Arduino, чтобы дать ему новые возможности. Так, например, существуют платы расширения для подключения к локальной сети и интернету (Ethernet Shield), для управления мощными моторами (Motor Shield), для получения координат и времени со спутников GPS (модуль GPS) и многие другие.



Arduino — это сердце конструктора, в котором нет конечного, определённого набора деталей, и нет ограничений в разнообразии того, что можно собрать. Всё ограничено лишь фантазией.

### *I.2.4. Выбор датчиков Arduino, требуемых для реализации проекта*

Для реализации проекта был проведен обзор имеющихся на рынке датчиков, которые могут использоваться для создания электронных устройств на базе Arduino. В результате анализа была выявлена необходимость в следующих деталях и датчиках:

1. Arduino UNO R3



Основная плата с микроконтроллером Arduino

|  |  |
| --- | --- |
| Микроконтроллер | ATmega328 |
| Рабочее напряжение | 5 В |
| Входное напряжение (рекомендуемое) | 7-12 В |
| Входное напряжение (предельное) | 6-20 В |
| Цифровые Входы/Выходы | 14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ) |
| Аналоговые входы | 6 |
| Постоянный ток через вход/выход | 40 мА |
| Постоянный ток для вывода 3.3 В | 50 мА |
| Флеш-память | 32 Кб (ATmega328) из которых 0.5 Кб используются для загрузчика |
| ОЗУ | 2 Кб (ATmega328) |
| EEPROM | 1 Кб (ATmega328) |
| Тактовая частота | 16 МГц |

1. DHT22 Датчик влажности/температуры



Будет использован для измерения температуры и влажности как внутри, так и вне помещения

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочее напряжение | 5В |
| Диапазон измеряемых температур | От - 40 до 80C(±0.5C) |
| Диапазон измеряемой влажности | 0-100%RH (±2%RH) |
| Размер | 25 х 20 мм |
| Вес | до 20 гр |

1. GY-68 BMP180 Барометр/термометр



Будет использован для измерения атмосферного давления

|  |  |
| --- | --- |
| Чип | BMP180 |
| Напряжение | 1.8В - 3.6В |
| Интерфейс | I2C |
| Максимальная точность | 0.03hPa |
| Диапазон измерения | 300~1100hPa (-500~9000 метров) |
| Минимальное потребление | 5 мкА |
| Потребление в режиме ожидания | 0.1 мкА |
| Диапазон температур | -40 ~ +85°C |
| Точность измерения температуры | +/- 2°C |
| Размеры | 1.5 см x 1.4 см x 0.2 см |
| Вес | 5 гр |

1. Датчик дождя



Позволяет определять попадание на него воды, будет использован для получения сведений о жидких осадках

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение | 5В |
| Ток | 100mA |
| Размеры | 58 мм x 40 мм x 7 мм |
| Вес | 15 гр |

1. MQ-7 датчик угарного газа



Будет использован для определения концентрации угарного газа в воздухе

|  |  |
| --- | --- |
| Потребляемый ток | 100 мА |
| Интерфейс | аналоговый, цифровой |
| Напряжение питания | +5 В |
| Диапазон измерений | от 20 до 2000 ppm |

1. GM5516 Датчик освещённости



Будет использован для определения уровня освещенности

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочая температура: -30 to +70 | Рабочая температура: -30 to +70 |
| Номинальная мощность: 100mW | Номинальная мощность: 100mW |
| Сопротивление: 5-10 Kohm | Сопротивление: 5-10 Kohm |

1. LCD 1602 IIC/I2C Дисплей



Необходим для вывода показаний датчиков

1. DS3231 Модуль часов реального времени

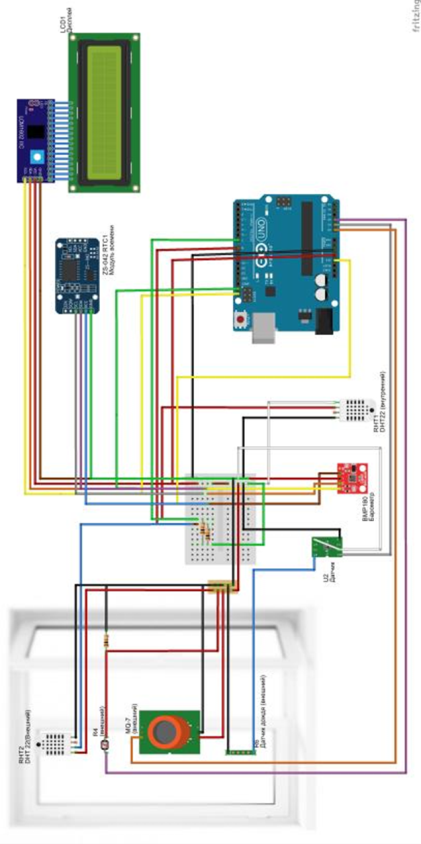


Будет использоваться для отображения реального времени

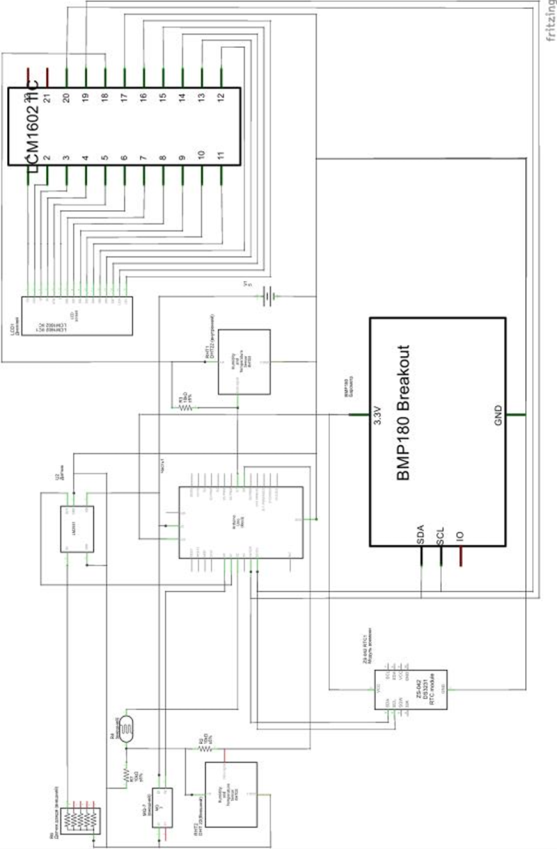
|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение питания | 3.3-5В |
| Чип часов | Высокоточный DS3231 |
| Точность часов | отклонение не более 2 минут в год |
| Дополнительные возможности | Два будильника  Возможность работы до 2100 года с компенсацией високосного года  Встроенный датчик температуры с точностью 3 градуса |
| Чип памяти | AT24C32 |
| Объём памяти | 32 Кб |
| Интерфейс | I2C |
| Батарейка | LIR2032 |
| Размеры | 38 x 22 x 14 мм |
| Вес | 8 гр |

### *I.2.5. Макет подключения датчиков к микроконтроллеру*

В ходе проекта были разработаны макет и электрическая схема подключения выбранных датчиков к микроконтроллеру



### *I.2.6. Электрическая схема подключения датчиков к микроконтроллеру*



### *I.2.7. Программа управления датчиками*

Для обработки показателей, передаваемых подключенными к микропроцессору датчиками, была реализована программа управления работой прибора, позволяющая фиксировать результаты измерений характеристик окружающей среды и отображать их в удобном для нас виде на экране прибора. Листинг программы приведен в приложении №1.

### *I.2.8. Расчет стоимости реализации прибора*

Одной из поставленных нами перед собой в начале проекта целей была цель сконструировать метеостанцию, ценовые характеристики которой превосходят имеющиеся на данный момент на рынке подобные метеостанции известных производителей. Поэтому был произведен расчет стоимости полученного прибора.

Расчет представлен в таблице:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Количество | Цена (руб.) | Стоимость (руб.) |
| Arduino UNO R3 | 1 шт | 390,00 | 390,00 |
| DHT22 | 2 шт | 211,00 | 422,00 |
| GY-68 BMP180 | 1 шт | 175,00 | 175,00 |
| Датчик дождя | 1 шт | 55,00 | 55,00 |
| MQ-7 | 1 шт | 110,00 | 110,00 |
| GM5516 | 1 шт | 5,00 | 5,00 |
| LCD 1602 IIC/I2C | 1 шт | 128,00 | 128,00 |
| DS3231 | 1 шт | 43,00 | 43,00 |
| Набор соединительных проводов | 1 набор из 20 шт | 100,00 | 100,00 |
| Контейнер | 1 шт | 199,00 | 199,00 |
| Провод выносной для уличных датчиков | 2 м | 20,00 | 20,00 |
| Макетная плата SIP170 | 1 шт | 70,00 | 70,00 |
| Батарейка 9B | 1 шт | 75,00 | 75,00 |
|  |  | **Итого** | **1 792,00р.** |

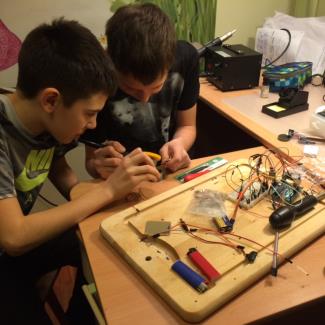
Таким образом, стоимость прибора получилась значительно ниже, чем имеющиеся на рынке аналоги средней ценовой категории известных производителей.

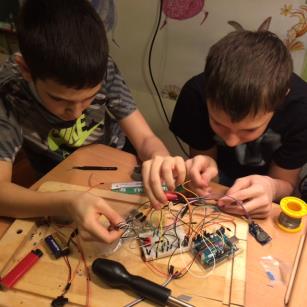
## I.3. Результаты проекта

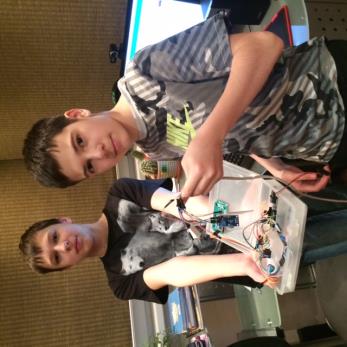
В ходе проекта мы пришли к следующим результатам:

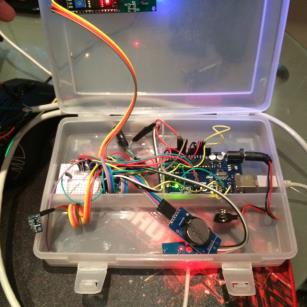
1. Изучен, проанализирован и систематизирован теоретический материал, включающий в себя основные подходы к анализу показателей природных процессов и явлений, позволяющих осуществить оценку и прогнозирование погоды
2. Изучены функциональные возможности метеорологических приборов и домашних метеостанций, представленных на текущий момент на рынке
3. Определены основные критерии, которыми на наш взгляд должна обладать домашняя метеостанция
4. Выбрана аппаратно-техническая база для реализации прибора
5. Спроектирована электрическая схема разрабатываемой метеостанции, а также подобрано необходимое оборудование
6. Произведена техническая реализация прибора, а также создана программа управления работой прибора, позволяющая реализовать сформулированные выше функциональные возможности

Основным результатом проекта стала сконструированная нами метеостанция.









Сконструированная метеостанция обладает рядом преимуществ, отличающих ее от домашних метеостанций, представленных на рынке:

1. Метеостанция дополнена новыми функциональными возможностями по сравнению с аналогами (датчик дождя, измерение освещенности, измерение уровня загазованности)
2. Прибор имеет модульную структуру, что дает возможность его расширения и модернизации в дальнейшем с учетом новых возникающих требований
3. Метеостанция имеет высокий уровень ремонтопригодности, т.к. любой вышедший из строя датчик или модуль можно самостоятельно заменить в очень короткий промежуток времени
4. Электроснабжение метеостанции организовано от элемента питания, что позволяет ей быть мобильной и не зависеть от наличия электросети
5. Стоимость прибора получилась значительно ниже, чем имеющиеся на рынке аналоги средней ценовой категории известных производителей

## I.4. Перспективы развития проекта

В процессе работы над проектом и анализа компонентов Arduino возникла идея реализации возможности подключения сконструированной метеостанции к ПК для сбора, сохранения и последующего анализа метеорологических данных, измеряемых прибором. Также есть идея проработки вопроса об использовании модуля подключения прибора к Интернет для передачи данных в онлайн режиме либо на имеющиеся специализированные сайты (например, Народный мониторинг Яндекс), либо на созданный самостоятельно сайт для организации массового доступа к данным прибора. Поэтому у сконструированной нами метеостанции есть еще перспективы развития.

# Этап II. «И не только в нем»

# Создание многофункционального модульного прибора для измерения температурного режима и влажности воздуха в помещениях школы в режиме реального времени

## II. Введение

С восьми утра до трех-четырех часов дня (а иногда и дольше) школьники среднего звена проводят свое время в школе. Это и учебная деятельность, и физические занятия, и занятия по интересам в тех или иных кружках. А это как минимум 7 часов, то есть около 1/3 суток, или более 60% всего времени бодрствования!

Безусловно, такое длительное пребывание накладывает определенные требования на условия, которые должны быть созданы в школьных помещениях для обеспечения комфортности с точки зрения микроклимата. Внешняя среда, в которой пребывает человек, сильно влияет на его самочувствие и здоровье в целом, поэтому контроль и поддержание в допустимых пределах таких показателей как температура, влажность, освещенность (естественная и искусственная) в учебных помещениях, а также уровень электромагнитного излучения в компьютеризированных классах играют важную роль в обеспечении благоприятной микроклиматической обстановки в учебном заведении.

Работа над созданием домашней метеостанции, а также рассмотренные в первой части проекта перспективы его развития натолкнули нас на идею практического применения созданной нами метеостанции как прототипа для реализации системы автоматического мониторинга микроклимата в учебных заведениях.

***Идея***: спроектировать автоматизированную систему мониторинга микроклимата в помещениях школы с применением современных информационных и интернет-технологий Smart Environment, разработать и сконструировать опытный образец

***Актуальность***:

С нашей точки зрения, идея создания такой системы является актуальной. Ответственность за обеспечение комфортных условий пребывания в школе возлагается на администрацию учебного заведения, а также регулярно контролируется уполномоченными органами с целью выявления нарушений и принятия соответствующих мер по их устранению. Такие контрольные замеры показателей микроклимата проводятся 2 раза в год, а во все остальное время администрация вынуждена самостоятельно наблюдать за показателями, что без автоматического режима представляет определенные трудности, т.к. микроклимат в помещениях зависит и от сезона, и от погодных условий, и от отопления, и от стороны света, на которую выходят школьные окна. Поэтому оперативно и регулярно контролировать микроклимат во всех классах не представляется возможным. Автоматическая система сбора и отображения данных о текущем состоянии температуры, влажности и т.п. даст возможность администрации в онлайн режиме анализировать степень комфортности в учебных кабинетах и предпринимать немедленные меры по приведению их в норму в случае каких-либо отклонений. Причем это даст возможность проанализировать данные параметры не одномоментно, а на основании собранных статистических данных.

Также хотелось бы отметить, что 2017 год в России объявлен годом экологии, поэтому в этом свете наша идея становится еще более актуальной.

Появление идеи привело к возникновению проблемы.

***Проблема***: можно ли автоматизировать процесс мониторинга показателей микроклимата в учебных помещениях, собирать статистику и обеспечивать онлайн визуализацию замеренных параметров?

Мы решили, что с учетом полученного нами в предыдущей части проекта опыта, у нас есть возможность самостоятельно спроектировать автоматизированную систему мониторинга микроклимата в помещениях школы, а также сконструировать опытный образец. При этом мы считаем, что можно разработать такую систему, которая отвечала бы следующим требованиям:

1. Обеспечивала измерение самых основных параметров микроклимата в кабинетах учебного заведения
2. Имела бы хорошую ремонтопригодность и возможность расширения
3. Позволяла бы наглядно визуализировать, хранить и анализировать собранные данные в онлайн режиме
4. Имела низкие ценовые показатели, которые не ударили бы по бюджету школы при внедрении в эксплуатацию

Мы поставили перед собой цель.

***Цель проекта***:

Спроектировать автоматическую систему мониторинга микроклимата в школе с использованием современных технологий хранения, передачи и отображения данных, создать опытный образец, предложить данную систему к использованию администрации школы.

При постановке цели мы учитывали некоторые технические возможности, которые на текущий момент есть практически во всех школах города Москвы. Это, например, наличие в школах Wi-Fi, что позволит нам использовать интернет-технологии для передачи данных, а также для отображения результатов в онлайн режиме и сделает нашу систему универсальной к использованию в любом из учебных заведений, имеющем доступ в интернет.

Для достижения целей перед нами встали следующие задачи.

***Задачи проекта***:

1. Изучить теоретическую основу вопроса, а именно:
   1. Кратко рассмотреть влияние показателей микроклимата на здоровье человека;
   2. Изучить регламентированные нормы и допустимые значения показателей микроклимата в учебных заведениях среднего образования, установленные законодательством;
2. Выявить и сформулировать основные требования, предъявляемые к проектируемой системе;
3. Спроектировать архитектуру автоматизированной системы
4. Провести анализ и подобрать необходимую элементную базу (микросхемы и датчики), а также требуемое программное обеспечение для передачи данных, их хранения и дальнейшей визуализации;
5. Реализовать опытный образец (собрать электрическую схему и запрограммировать требуемую функциональность); осуществить отладку электрической схемы, программ управления работой прибора, передачи, хранения и отображения данных, полученных с датчиков; проверить его в действии;
6. Сделать выводы о результатах проекта и обозначить перспективы развития

Конечным этапом проекта является этап создания опытного образца, позволяющего наглядно продемонстрировать принципы разработанной автоматической системы в действии.

Наш проект включает следующие ***части***:

1. Теоретическая часть: подбор и изучение необходимого теоретического материала.
2. Практическая часть: анализ теоретического материала, разработка архитектуры, реализация системы.

Работа над проектом проводилась в четыре ***этапа***:

1. Изучение литературы и обработка собранной информации:

*сентябрь-октябрь 2016 года*

1. Анализ элементной и программной базы:

*ноябрь 2016 года*

1. Конструирование опытного образца, программирование необходимой функциональности, установка в классных помещениях для сбора статистики:

*ноябрь2016 - январь 2017 года*

1. Анализ полученных результатов, обобщение собранной информации, оформление реферативной части проекта, подведение итогов, выводы и предложения для дальнейшей перспективы развития проекта:

*январь 2017 - февраль 2017 года*

## II.1. Теоретическая часть

Прежде чем приступить к реализации идеи, мы изучили и систематизировали информацию, которая позволила нам рассмотреть влияние параметров микроклимата в помещениях на здоровье человека, а также допустимые нормы этих параметров, установленные законодательно и позволяющие обеспечить комфортное пребывание школьников в помещениях учебных заведений. Это помогло нам определить критерии, которым должна соответствовать разрабатываемая нами система.

### *II.1.1. Влияние микроклимата помещений на здоровье человека*

Среда, в которой человек существует, находясь в помещении, носит название ***микроклимат***. С научной точки зрения микроклимат - это комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека, что в свою очередь регулирует самочувствие человека, его работоспособность и настроение.

К микроклиматическим показателям относятся:

1. Температура
2. Влажность
3. Скорость движения воздуха
4. Температура поверхностей ограждающих конструкций, предметов, оборудования
5. Некоторые их производные: градиент температуры воздуха по вертикали и горизонтали помещения, интенсивность теплового излучения от внутренних поверхностей.

Если все эти параметры находятся в норме, то у человека не возникнет никаких ощущений дискомфорта, не чувствуется ни жары, ни холода, ни духоты. Комфортные микроклиматические условия - это сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении (согласно ГОСТ). Однако именно нарушения микроклимата являются самыми частыми среди всех нарушений санитарно-гигиенических норм.

Микроклимат помещения формируется в результате:

1. Воздействия внешней среды
2. Особенностей постройки здания
3. Особенностей проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования

Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека и обусловливает особенности физиологических реакций организма.

Жизнедеятельность каждого организма сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Ее количество зависит от степени физического напряжения, то есть энергозатрат в определенных климатических условиях и составляет от 50 Вт в состоянии покоя до 500 Вт  при физических нагрузках, т.е. тепловыделения организма определяются прежде всего тяжестью и напряженностью выполняемой человеком работы, в основном величиной мышечной нагрузки. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду, т.е. должен иметь место тепловой баланс. Превышение тепловыделения организма над теплоотдачей в окружающую среду приводит к нагреву организма и к повышению его температуры - человеку становится жарко. Наоборот, превышение теплоотдачи над тепловыделением приводит к охлаждению организма и к снижению его температуры - человеку становится холодно. При низкой температуре воздуха вследствие значительной теплоотдачи может происходить нарушение кровообращения, снижение сопротивляемости иммунологических свойств организма. Переохлаждение способствует возникновению простудных заболеваний, а также болезней периферической нервной системы, мышц и суставов.

Средняя температура тела человека - 36,6 °С. Даже незначительные отклонения от этой температуры в ту или другую сторону приводят к ухудшению самочувствия человека. Таким образом, нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и даже тепловой смерти.

Передачу теплоты от человека к окружающей среде и наоборот обеспечивают следующие процессы:

1. Теплопроводность
2. Конвективный теплообмен
3. Излучение
4. Испарение

***Теплопроводность***

Теплота передается от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Интенсивность отдачи теплоты зависит от разности температур тел, иными словами, от температуры тела человека и температуры окружающих его предметов и воздуха и теплоизолирующих свойств одежды. Так как температура тела человека относительно постоянна и незначительно варьируется относительно значения 36,6 C°, то изменение отдачи тепла от человека происходит в основном за счет изменения температуры окружающей среды.

Если температура воздуха или окружающих человека предметов выше температуры 36,6 C°, происходит не отдача теплоты от человека, а наоборот его нагрев. Поэтому при нахождении человека у нагревательных приборов или горячего производственного оборудования теплота от них передается человеку, и происходит нагрев тела.

Одежда человека обладает теплоизолирующими свойствами: чем более теплая одежда, тем меньше теплоты отдается от человека окружающей среде.

***Конвективный теплообмен***

Передача теплоты осуществляется также за счет конвективного теплообмена. Воздух, находящийся вблизи теплого предмета, нагревается. Нагретый воздух имеет меньшую плотность и, как более легкий, поднимается вверх, а его место занимает более холодный воздух окружающей среды.

Существует естественная конвекция и вынужденная. Вынужденная формируется за счёт искусственного нагревания или охлаждения предметов. Если теплый предмет обдувать холодным воздухом, то процесс замены более теплых слоев воздуха у предмета на более холодные ускоряется. В этом случае у нагретого предмета будет находиться более холодный воздух, разность температур между нагретым предметом и окружающим воздухом будет больше, и, следовательно, интенсивность отдачи тепла от предмета окружающему воздуху возрастет.

***Излучение***

Высокая интенсивность теплового облучения может оказать крайне неблагоприятное воздействие на организм человека. Тепловое облучение интенсивностью до 350 Вт/м2 не вызывает неприятного ощущения, при 1050 Вт/м2 уже через 3 - 5 мин на поверхности кожи появляется неприятное жжение, температура кожи повышается на 8 -10 °C, а при 3500 Вт/м2 через несколько секунд возможны ожоги. При облучении интенсивностью 700 - 1400 Вт/м2 частота пульса увеличивается на 5 - 7 ударов в минуту. Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется в первую очередь температурой кожи, болевое ощущение появляется при температуре кожи 40 – 45 °C, в зависимости от участка тела.

Помимо непосредственного воздействия на человека лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения еще повышается.

***Испарение***

Еще одним механизмом передачи теплоты от человека окружающей среде является испарение. Если человек потеет, на его коже появляются капельки воды, которые испаряются, и вода из жидкого состояния переходит в парообразное. Этот процесс сопровождается затратами энергии на испарение и в результате охлаждением организма.

Итак, переносимость человеком температуры и его тепловые ощущения в значительной мере зависят от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев организма.  
Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое состояние человека оказывает высокая влажность в сочетании с высокой температурой - более 30°C, т.к. при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает проливное течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха также неблагоприятна для человека из-за интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем загрязнения болезнетворными микробами. Для человека является допустимым снижение его массы на 2 - 3 % путем испарения влаги (обезвоживание организма). Обезвоживание на 6 % влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения. Испарение влаги на 15 - 20 % приводит к летальному исходу.

Скорость движения воздуха также оказывает на организм человека значительное влияние. Даже при комфортной температуре воздуха его неподвижность вызывает ощущение духоты, что происходит из-за того уменьшения конвективной отдачи тепла организмом человека. Увеличение скорости движения воздуха более, чем на 0,2 м/с, вызывает ощущение «сквозняка».

Условия микроклимата в помещениях зависят от ряда факторов:

1. Климатического пояса и сезона года
2. Характера технологического процесса и вида используемого оборудования
3. Условий воздухообмена
4. Размеров помещения
5. Числа находящихся в помещении людей и т.п.

В школах 2 раза в год проводится профессиональное измерение микроклимата. Это обследование дает возможность понять, какова микроклиматическая обстановка в учебном заведении и существует ли угроза здоровью школьников, проводящих здесь большую часть своего времени. При этом администрации даются рекомендации по устранению выявленных проблем с микроклиматом. Получив сведения об уровне эффективности работы систем вентиляции и отопления, администрация имеет возможность повлиять на микроклимат в школе: убавить или увеличить отопление, отрегулировать процедуру проветривания помещений, установить кондиционеры и очистители воздуха или принять другие меры по созданию комфортной и здоровой обстановки в школе.

Но ведь микроклимат в помещении может меняться на протяжении всего дня. Поэтому оперативный контроль администрации учебного заведения параметров микроклимата и немедленное устранение выявленных отклонений – залог здоровья школьников и педагогов.

### *II.1.2. Нормы, регулирующие параметры микро-климата помещений*

#### *II.1.2.1. Регламентируемые параметры микроклимата помещений*

Документом, устанавливающим санитарные нормы микроклимата в жилых и административных помещениях, в России является ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Согласно ГОСТу, ***микроклимат помещения*** – это состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха. Таким образом, ГОСТ устанавливает следующие параметры, характеризующие микроклимат в жилых и общественных помещениях:

1. Температура воздуха;
2. Скорость движения воздуха;
3. Относительная влажность воздуха;
4. Результирующая температура помещения;
5. Локальная асимметрия результирующей температуры (разность результирующих температур в точке помещения, определенных шаровым термометром для двух противоположных направлений).

По ГОСТу, школьные учреждения относятся к помещениям 2-й категории, т.е. помещениям, в которых люди заняты умственным трудом или учебой.

Также школы относятся к помещениям с постоянным пребыванием людей, т.к. по определению ГОСТа, помещение с постоянным пребыванием людей – это помещение, в котором люди находятся не менее 2 ч непрерывно или 6 ч суммарно в течение суток.

ГОСТ устанавливает нормы оптимальных и допустимых параметров микроклимата.

Под ***оптимальными*** параметрами микроклимата понимается сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Под ***допустимыми*** параметрами микроклимата понимаются сочетания значений микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Санитарные нормы оптимального микроклимата в помещениях учебных заведений дифференцируют для теплого и холодного периодов года и составляют:

1. ***Температура*** 
   1. в теплый период – 23 - 25 °C
   2. в холодный период – 19 - 20 °C
2. ***Относительная влажность воздуха***
   1. в теплый период – 60 - 30%
   2. в холодный период - 45 - 30%
3. ***Скорость движения воздуха***
   1. в теплый период – не более 0,25 м/с
   2. в холодный период – не более 0,3 м/с.

Холодным периодом года считается период, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +8 °С и ниже, теплым периодом - период, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +8 °С.

Градиент температур воздуха по высоте помещения и по горизонтали не должен превышать 2 °C для оптимальных показателей и 3 °C для допустимых.

*Таблица оптимальных и допустимых показателей микроклимата в учебных заведениях в зависимости от сезона года:*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сезон | Температура воздуха, °С | | Резуль- тирующая температура, °С | | Относительная влажность, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
|  | Оптималь-ная | Допусти-мая | Оптималь-ная | Допусти-мая | Оптималь-ная | Допусти-мая, не более | Оптималь-ная, не более | Допусти-мая, не более |
| Холодный | 19-21 | 18-23 | 18-20 | 17-22 | 45-30 | 60 | 0,2 | 0,3 |
| Теплый | 23-25 | 18-28 | 22-24 | 19-27 | 60-30 | 65 | 0,15 | 0,25 |

В общественных помещениях допускается в нерабочее время снижать температуру воздуха ниже нормируемой, но не ниже 12 °C с доведением ее до норм к началу пребывания людей.

Помимо температуры и влажности, ГОСТом также регулируется качество воздуха, которое обеспечивается необходимым уровнем вентиляции (величиной воздухообмена в помещениях), позволяющим поддерживать допустимые значения содержания углекислого газа в помещении. Расходы воздуха систем вентиляции, принимаемые для обеспечения качества воздуха, зависят от количества людей в помещении, их деятельности, технологических процессов (выделений загрязняющих веществ от бытовой и оргтехники, из строительных материалов, мебели и др.), а также от систем отопления и вентиляции.

#### *II.1.2.2. Порядок и методы контроля показателей микроклимата*

Диапазон измерения и допустимая погрешность измерительных приборов, используемых для замеров параметров микроклимата в помещениях должны соответствовать требованиям, представленным в таблице:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Диапазон измерений | Предельное отклонение |
| Температура внутреннего воздуха, °C | От 5 до 40 | 0,1 |
| Температура внутренней поверхности ограждений, °C | От 0 до 50 | 0,1 |
| Температура поверхности отопительного прибора, °C | От 5 до 90 | 0,1 |
| Результирующая температура помещения, °C | От 5 до 40 | 0,1 |
| Относительная влажность воздуха, % | От 10 до 90 | 5,0 |
| Скорость движения воздуха, м/с | От 0,05 до 0,6 | 0,05 |

В холодный период года измерение показателей микроклимата следует выполнять при температуре наружного воздуха не выше минус 5 °С. В теплый период года - при температуре наружного воздуха не ниже 15 °С. Не допускается проведение измерений при безоблачном небе в светлое время суток.

Согласно ГОСТу:

1. Измерение ***температуры и скорости движения воздуха*** в учебных помещениях следует проводить на высоте 0,1; 0,6 и 1,7 м от поверхности пола в центре аудитории (в точке пересечения диагональных линий помещения) и на расстоянии 0,5 м от внутренней поверхности наружных стен и стационарных отопительных приборов.
2. Для вычисления ***результирующей температуры*** измерения температуры воздуха для школьных кабинетов необходимо проводить в центре помещения на высоте 0,6 м от поверхности пола (как для помещений с пребыванием людей в положении сидя).

Результирующая температура помещения - комплексный показатель радиационной температуры помещения и температуры воздуха помещения.

*Радиационная температура* – это осредненная по площади температура внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов.

Результирующую температуру вычисляют следующим образом:

1. при скорости движения воздуха до 0,2 м/с результирующую температуру определяют по формуле:

tsu =0.5tp + 0.5tr ,

где

tp — температура воздуха в помещении, °С;

tr — радиационная температура помещения, °С.

1. При скорости движения воздуха от 0,2 до 0,6 м/с результирующую температуру следует определять по формуле:

tsu =0.6tp + 0.4tr ,

Радиационную температуру tr, °С, следует вычислять:

* 1. по температуре шарового термометра по формуле:

где

tb — температура по шаровому термометру, °С;

m — константа, равная 2,2 при диаметре сферы до 150 мм;

V — скорость движения воздуха, м/с.

b. по температурам внутренних поверхностей ограждений и отопительных приборов по формуле:

tr = ∑ ( Ai ti ) / ∑ Ai ,

где

Ai — площадь внутренней поверхности ограждений и отопительных приборов, м2;

ti — температура внутренней поверхности ограждений и отопительных приборов, °С, котоую следует измерять в центре соответствующей поверхности.

1. ***Относительную влажность*** следует измерять в центре помещения на высоте 1,1 м от пола.

Вообще, различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

*Абсолютная влажность* (А) - масса, водяного пара, содержащегося в 1 м3 воздуха. Другими словами, это плотность водяного пара в воздухе.

A = m/V,

где m – масса водяного пара;

V – объём воздуха, в котором содержится водяной пар

На степень влажности или сухости воздуха влияет не только количество водяных паров, содержащихся в нём, но и температура воздуха. При одной и той же температуре воздух может поглотить вполне определенное количество водяного пара и достичь состояния полного насыщения. Даже если количество водяного пара одинаково, при более низкой температуре воздух будет казаться более влажным. Вот почему в холодном помещении возникает ощущение сырости. Это объясняется тем, что при более высокой температуре в воздухе может содержаться большее максимальное количество водяного пара. Максимальное количество водяного пара, которое может содержаться в 1 м3 воздуха при данной температуре, называется *плотностью насыщенного пара* при данной температуре.

*Максимальная влажность (плотность насыщенного пара)* (F) - масса водяных паров, которые могут насытить 1 м3 воздуха при данной температуре.

Из-за зависимости количества водяного пара в воздухе от температуры, более объективной характеристикой влажности воздуха является относительная влажность.

*Относительная влажность* - это отношение массы водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха, к массе водяного пара, содержащегося в насыщенном водяными парами воздухе (предельной массе водяного пара, которая может содержаться в воздухе при данной температуре).

Относительная влажность выражается в процентах.

φ = (A/F) \* 100

Например, относительная влажность 70% означает, что в воздухе воды в парообразном состоянии находится 70% от максимально возможного количества. Относительная влажность 100% означает, что воздух насыщен водяными парами и в такой среде испарение происходить не может.

1. ***Локальная асимметрия результирующей температуры***

Это величина перепадов температур воздуха по горизонтали и по высоте помещения. Организм человека в меньшей мере испытывает неравномерности распределение температуры в помещении, если локальная асимметрия результирующей температуры для общественных зданий не более 2.5 ºС для оптимальных показателей и не более 3.5 ºС для допустимых показателей. При таких условиях нормально одетый человек в состоянии покоя не ощущает неравномерности температуры. Превышения вертикального перепада температуры связано с резким понижением температуры в нижней зоне помещения, что приводит к охлаждению организма и к изменению терморегулирующей системы человека, поэтому перепад результирующей температуры помещения по высоте обслуживаемой зоны не должен превышать 2ºС.

Локальную асимметрию результирующей температуры tasu,°С следует вычислять для точек 0,1; 0,6 и 1,7 м от поверхности пола по формуле:

tasu = tsu1 – tsu2,

где

tsu1 и tsu2 — температуры, °С, измеренные в двух противоположных направлениях шаровым термометром.

В помещениях площадью более 100 м2 измерение температуры, влажности и скорости движения воздуха следует проводить на равновеликих участках, площадь которых должна быть не более 100 м2.

При ручной регистрации показателей микроклимата следует выполнять не менее трех измерений с интервалом не менее 5 мин, при автоматической регистрации следует проводить измерения в течение 2 ч. При сравнении с нормативными показателями принимают среднее значение измеренных величин.

#### *II.1.2.3. Устройство шарового термометра*

Для измерения радиационной температуры в помещениях с целью расчета результирующей температуры и локальной асимметрии результирующей температуры используется ***шаровой термометр (черный шар, или сфера Вернона)***.



Черный шар был изобретен Хорасом Мидлтоном Верноном (Horace Middleton Vernon, 1870—1951). Он представляет собой полую, тонкостенную, металлическую (из латуни или алюминия) сферу диаметром 0,1 – 0,15 м. Наружная поверхность сферы зачернена так, что она поглощает ε ≈ 95% теплового излучения, падающего на нее. Величина ε называется степенью черноты поверхности.

В центре сферы находится чувствительный элемент термометра – ртутного во времена Вернона, электрического в наше время. Температура внутри шарового термометра определяется из условия баланса конвективного и радиационного потоков тепла на поверхности сферы. В обычных условиях, когда вблизи нет раскаленных поверхностей или других интенсивных источников тепла, радиационная температура определяется температурой стен, ограждающих панелей и пр. и не слишком отличается от температуры воздуха и температуры сферы.

Шаровой термометр для определения *результирующей температуры* представляет собой зачерненную снаружи полую сферу, изготовленную из меди или другого теплопроводного материала, внутри которой помещен термометр.

Шаровой термометр для определения *локальной асимметрии результирующей температуры* представляет собой полую сферу, у которой одна половина шара имеет зеркальную поверхность, а другая — зачерненную поверхность.

Основные требования таковы:

1. Рекомендуемый диаметр сферы 150 мм.
2. Толщина стенок сферы минимальная, например, из меди — 0,4 мм.
3. Зеркальную поверхность образуют путем нанесения хромового покрытия. Допускаются наклеивание полированной фольги и другие способы.
4. Диапазон измерений от 10 °С до 50 °С.
5. Время нахождения шарового термометра в точке замера перед измерением не менее 20 мин.
6. Точность измерений при температуре от 10 °С до 50 °С — 0,1 °С.
7. При использовании сферы другого диаметра константу m следует определять по формуле

m = 2.2 (0.15 / d) 0.4

где d — диаметр сферы, м.

## II.2. Практическая часть

В ходе практической части нами были проанализированы характеристики систем мониторинга микроклимата, представленных на рынке, сформулированы основные требования к проектируемой системе, продумана ее архитектура, разработана и реализована электрическая схема опытного образца, выбрана программная платформа и реализована система автоматического мониторинга микроклимата в учебных заведениях Smart Environment. Конечным продуктом проекта стали сконструированные опытные образцы приборов, размещенные в двух классных кабинетах нашей школы и позволяющих оценить возможности разработанной системы в действии.

### *II.2.1. Анализ систем, представленных на рынке*

Для определения критериев, предъявляемых к проектируемой системе, был проведен анализ подобного рода систем мониторинга параметров микроклимата, представленных на рынке.

Таблица сравнения приведена в приложении 2.1.

Анализ показал, что:

* + - 1. В основном предлагаемые системы направлены на использование в производственных и складских помещениях
      2. Измеряют такие параметры как влажность и температура (реже давление)
      3. Требуют дополнительного программного и аппаратного обеспечения
      4. Требуют специального обслуживания
      5. К тому же внедрение таких систем очень дорого

### *II.2.2. Критерии разрабатываемой системы*

На основании анализа теоретической информации, изложенной в первой части, и аналогов, представленных на рынке, мы сформулировали для себя основные критерии, которыми должна обладать проектируемая нами автоматизированная система мониторинга микроклимата в помещениях школы Smart Environment:

1. Система должна иметь возможность измерения следующих наиболее важных с нашей точки зрения показателей:
   * 1. Температура
     2. Влажность
2. Измерительный прибор системы должен иметь модульную структуру, которая бы обеспечивала хорошую ремонтопригодность и возможность наращивания ее функционала в будущем
3. В основу системы должны быть заложены современные технологии, позволяющие наглядно визуализировать, хранить и анализировать собранные данные в онлайн режиме
4. Разработка должна иметь низкие ценовые показатели, которые не ударили бы по бюджету школы при внедрении в эксплуатацию

### *II.2.3. Выбор аппаратной платформы*

В качестве аппаратной платформы для реализации идеи была выбрана платформа Arduino, преимущества которой уже были нами рассмотрены на первом этапе нашего проекта. Был проведен обзор датчиков, которые могут использоваться в системе Smart Enviroment и выбраны следующие модули Arduino:

1. Контроллер Arduiono NodeMcu v3 с поддержкой Wi-Fi на базе ESP8266



Основной модуль-контроллер Arduino, обеспечивающий выполнение основных операций, взаимодействие с датчиками и передачу данных в Интернет при помощи подключения по Wi-Fi

|  |  |
| --- | --- |
| Микроконтроллер | ESP8266 (ESP-12e) |
| Рабочее напряжение | 3,3 В |
| Входное напряжение | 3,7–20 В |
| Максимальный потребляемый ток | 220 мА |
| Флеш-память | 4 MБайта |
| Поддержка WiF | протоколы 802.11 b/g/n  встроенный стек TCP/IP  встроенная PCB-антенна |
| Интерфейсы (входы/выходы) | * + - * + Наличие USB-TTL преобразователя для подключения к компьютеру         + 10 GPIO, каждый GPIO может работать в режимах: ШИМ, I2C, 1-Wire         + Один АЦП вход |
| Питание | Питание от USB порта |

1. DHT22 Датчик влажности/температуры

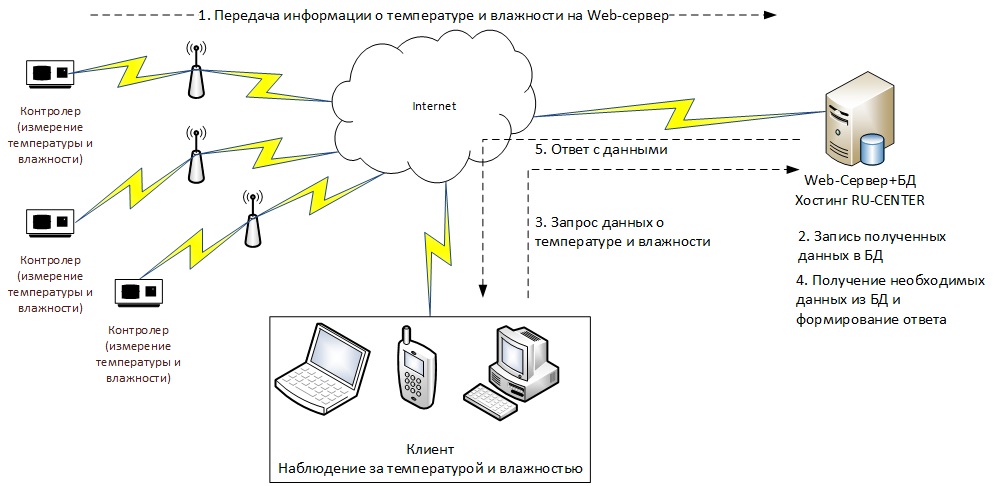


Будет использован для измерения температуры и влажности в помещении

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочее напряжение | 3-5В |
| Диапазон измеряемых температур | От - 40 до 80C(±0.5C) |
| Диапазон измеряемой влажности | 0-100%RH (±2%RH) |
| Размер | 25 х 20 мм |
| Вес | до 20 гр |

### *II.2.4. Архитектура системы*

В процессе работы над системой нами была разработана архитектура системы, представленная на следующей схеме:

****

Для реализации данной архитектуры необходимо:

* + - 1. Разработать электрическую схему подключения датчика измерения температуры и влажности к основному модулю (контроллеру)
      2. Определить интерфейсы взаимодействия контролера и базы данных
      3. Разработать структуру и схему базы данных
      4. Выбрать систему управления базой данных (СУБД) и Web-сервер, а также поставщика услуг по физическому размещению информации, СУБД, Web-сервера, постоянно доступных в интернете
      5. Разработать программу взаимодействия контролера и базы данных
      6. Разработать интерфейс доступа к данным

### *II.2.5. Электрическая схема подключения датчиков к основному модулю Arduino*

Электрическая схема подключения датчика измерения температуры и влажности к основному модулю (контроллеру) приведена на следующей схеме:



Для возможности оценки работоспособности модуля-контроллера к нему решено было подключить два светодиода (D1 – зелёный, D2 - красный). Зелёный сигнализирует об успешном завершении процедуры передачи данных с датчика в базу данных, красный – о проблемах с передачей данных.

### *II.2.6. Интерфейсы взаимодействия контролера и базы данных*

Для осуществления передачи и хранения данных в системе на стороне Web-сервера реализована программа (Web-страница с логикой), необходимая для приема параметров от контроллеров и записи информации в базу данных. Входными параметрами являются следующие:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Техническое наименование параметра | Описание параметра | Возможные значения |
| Код датчика | place | показывает, какой датчик передал значение | целое число в диапазоне от 0 до 65535 |
| Код параметра | param | значение какого параметра передается | в данном проекте используется следующая кодировка:  1 - температура  2 - влажность |
| Значения параметра | val | значение параметра param | число типа float (число с плавающей точкой) |

В программу работы интерфейса со стороны Web-сервера (приемник) заложена следующая логика:



На стороне модуля-контроллера (источник) реализована программа со следующей логикой работы:



Для контроля работы системы к модулю-контроллеру подключены два светодиода (красный и зеленый), которые сигнализируют о результате операции передачи данных с контроллера в базу. Сигналы светодиодов в зависимости от событий приведены в следующей таблице:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Цвет светодиода | Тип сигнала | Событие |
| Красный | Два коротких мигания | Контроллер не смог прочитать значение с датчика |
| Красный | Три коротких мигания | Ошибка на стороне Web-сервера |
| Красный | Постоянно горит | Нет подключения к WiFi сети |
| Зеленый | Три коротких мигания | Передача данных прошла успешно. Данные сохранились в СУБД |

### *II.2.7. Структура и схема базы данных*

В ходе работы над проектом разработана схема базы данных, обеспечивающая хранение собранной с датчиков информации (показателей температуры и влажности). Схема базы данных имеет следующую структуру:



Структура таблиц базы данных:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Описание поля | Тип поля |
| **SW\_NORM - таблица параметров** | | |
| value\_id | Код параметра | INT |
| value\_name | Наименование параметра | VARCHAR(200) |
| value\_opt\_min | Минимум оптимального значения параметра в теплый сезон года | INT |
| value\_opt\_max | Максимум оптимального значения параметра в теплый сезон года | INT |
| value\_lim\_min | Минимум допустимого значения параметра в теплый сезон года | INT |
| value\_lim\_max | Максимум допустимого значения параметра в теплый сезон года | INT |
| value\_c\_opt\_min | Минимум оптимального значения параметра в холодный сезон года | INT |
| value\_c\_opt\_max | Максимум оптимального значения параметра в холодный сезон года | INT |
| value\_c\_lim\_min | Минимум допустимого значения параметра в холодный сезон года | INT |
| value\_c\_lim\_max | Максимум допустимого значения параметра в холодный сезон года | INT |
| **SW\_DATA - таблица с показаниями** | | |
| place\_id | Код параметра | INT |
| value\_id | Код датчика | INT |
| value\_date | Дата и время записи показателя | DATETIME |
| value | Значения параметра | FLOAT |
| **SW\_PLACES - таблица с контролерами** | | |
| place\_id | Код датчика | INT |
| place\_name | Наименование датчика и его местоположение | VARCHAR(200) |

### *II.2.8. СУБД и Web-сервер*

Для реализации целей проекта в качестве системы хранения данных была использована СУБД MySQL. СУБД MySQL – это одна из самых популярных и самых распространенных СУБД в интернете для малых и средних приложений. Ее применение идеально для интернет-сайтов, как небольших, так и достаточно крупных. СУБД MySQL отличатся хорошей скоростью работы, надежностью, гибкостью. Работа с ней, как правило, не вызывает больших трудностей. Поддержка сервера MySQL автоматически включается в поставку PHP. Немаловажным фактором является ее бесплатность.

В качестве Web-сервера был использован Web-сервер Apache. Apache поддерживает большинство операционных систем. Основными достоинствами Apache считаются надёжность и гибкость конфигурации. Он позволяет подключать внешние модули для предоставления данных, использовать СУБД. Существует множество модулей, добавляющих к Apache поддержку различных языков программирования и систем разработки. В качестве языка программирования на стороне Web-сервер использовался язык PHP, который часто применяется для разработки Web-приложений.

В качестве поставщика услуг по физическому размещению информации, СУБД, Web-сервера, постоянно доступных в интернете был выбран RU-CENTER. RU-CENTER является крупнейшим российским регистратором доменов и поставщиком услуг хостинга. Для проекта были использованы следующие сервисы, которые предоставил RU-CENTER:

Web-сервер Apache

PHP-модуль к Web-серверу Apache

СУБД MySQL

CMS Joomla для информационного сопровождения проекта

### *II.2.9. Программа взаимодействия контроллера и базы данных*

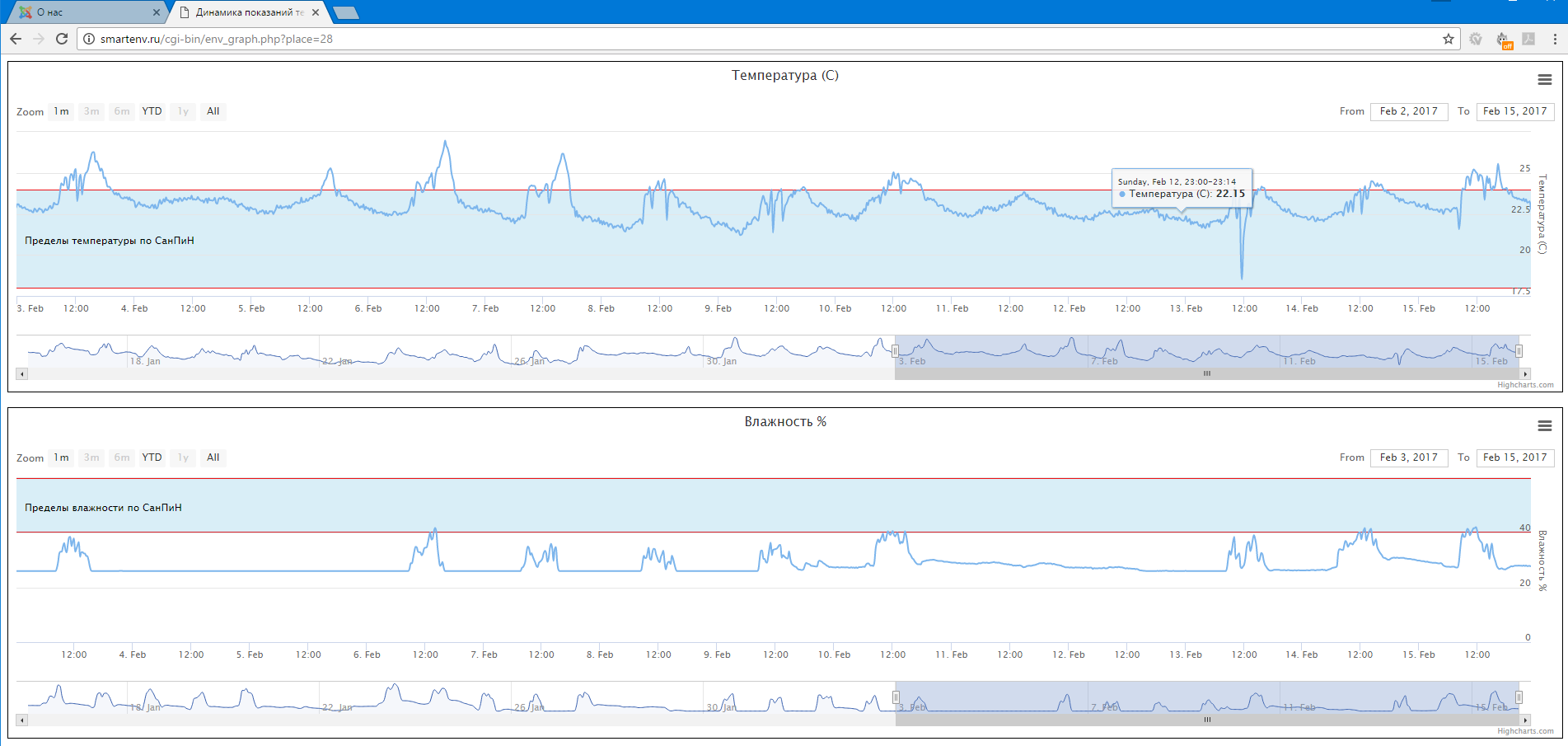
Для реализации целей проекта созданы два программных модуля:

1. Модуль обработки показателей, передаваемых подключенными к основному модулю-контроллеру датчиками. В данном модуле реализована программа управления работой датчиков, обеспечивающая получение значений с датчиков и передачу их на Web-сервер. Для передачи используется Wi-Fi и интернет. Листинг программы приведен в Приложении 2.2.
2. Модуль получения значений показаний датчиков от основного контроллера и сохранения их в базе данных. Данный модуль реализован в виде Web-страницы с логикой. Листинг программы приведен в Приложении 2.3.

### *II.2.10. Программа-интерфейс доступа к данным*

Для доступа к собираемой в базе данных статистике показаний температуры и влажности в школьных помещениях, получаемой с датчиков, были реализованы Web-страница с логикой, листинг которой приведен в Приложении 2.4. Для наглядной визуализации собранной информации было решено отображать ее в виде графиков. Это способ представляется нам наиболее наглядным и удобным в данном случае для последующего анализа информации. Для возможности отображения графиков на основании данных из СУБД использовалась библиотека highcharts. Highcharts — библиотека для создания чартов, позволяет легко добавлять интерактивные, анимированные графики на сайт или в веб-приложение. На данный момент чарты поддерживают большое количество диаграмм линейных, круговых, колоночных рассеивающих и многих других типов. Чарты работают со всеми популярными браузерами. Было принято решение использовать для наших целей линейные графики. Для каждого датчика на Web-странице реализовано по два графика – один с показаниями температуры, второй – с показателями влажности. Для удобства анализа информации в графики были добавлены области с допустимыми диапазонами показаний в соответствии с ГОСТом. Графики размещены на сайте [www.smartenv.ru](http://www.smartenv.ru), посвященном проекту.

Пример графиков:



На вышеуказанном сайте размещены также материалы по проекту, с которыми может ознакомиться любой желающий.

### *II. 2.11. Расчет стоимости реализации проекта*

Одной и целей проекта было обеспечение низких ценовых показателей, которые не ударили бы по бюджету школы при внедрении системы в эксплуатацию. Расчет стоимости реализации проекта для двух приборов представлен в таблице:

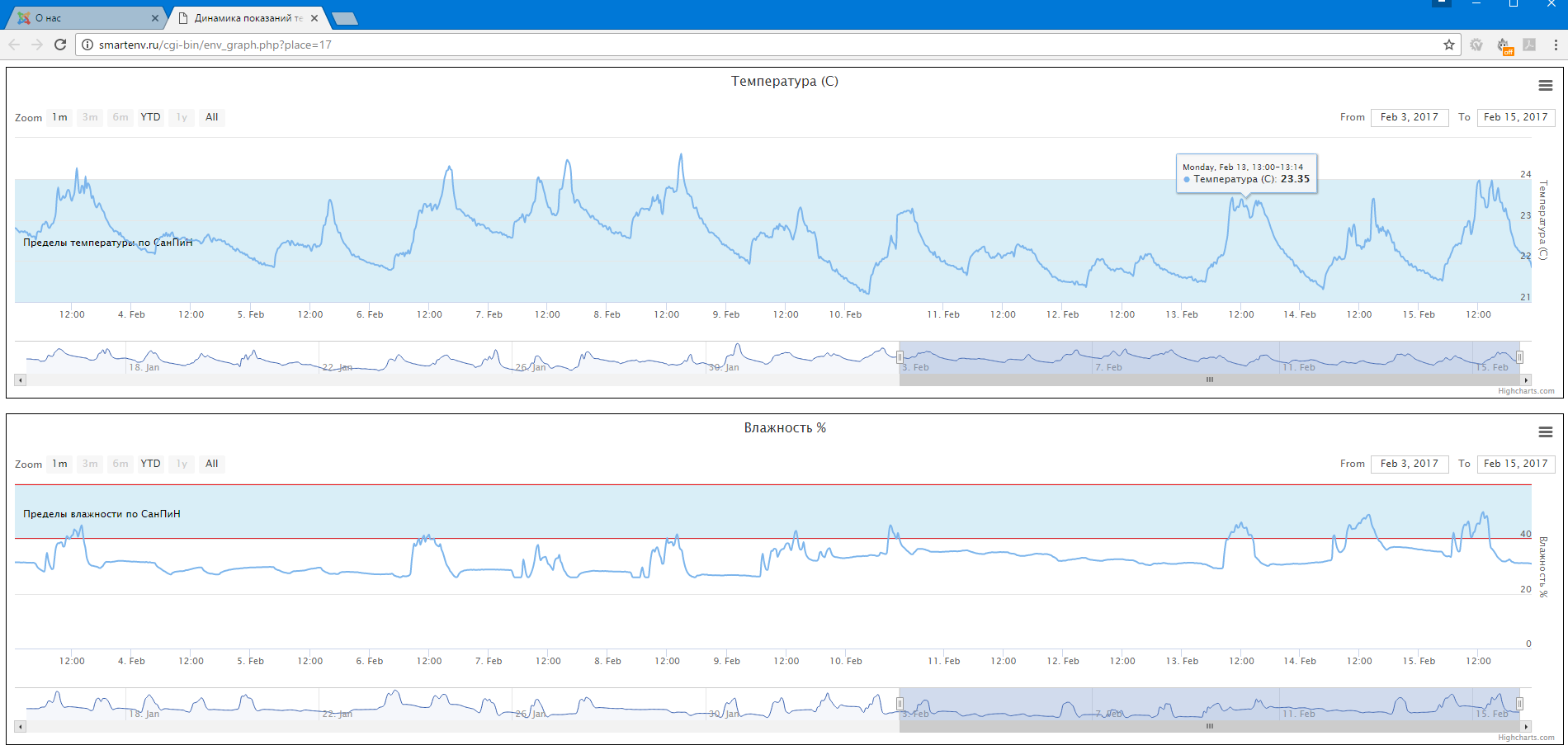
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Количество | Цена (руб.) | Стоимость (руб.) |
| Беспроводной модуль-контроллер NodeMcu V3 Lua WI-FI IoT на основе ESP8266 | 2 шт | 182,00 | 364,00 |
| DHT22 | 2 шт | 170,00 | 340,00 |
| Набор соединительных проводов, резисторы и светодиоды | 1 набор из 20 шт | 100,00 | 100,00 |
| Контейнер | 2 шт | 50,00 | 100,00 |
| Хостинг + регистрация доменного имени RU-CENTER | 1 мес. | 210 | 210 |
|  |  | **Итого** | **1 114,00р.** |
|  |  |  |  |

Таким образом, стоимость системы, включающей 2 датчика, получилась невысокой и внедрение системы в школе является возможным.

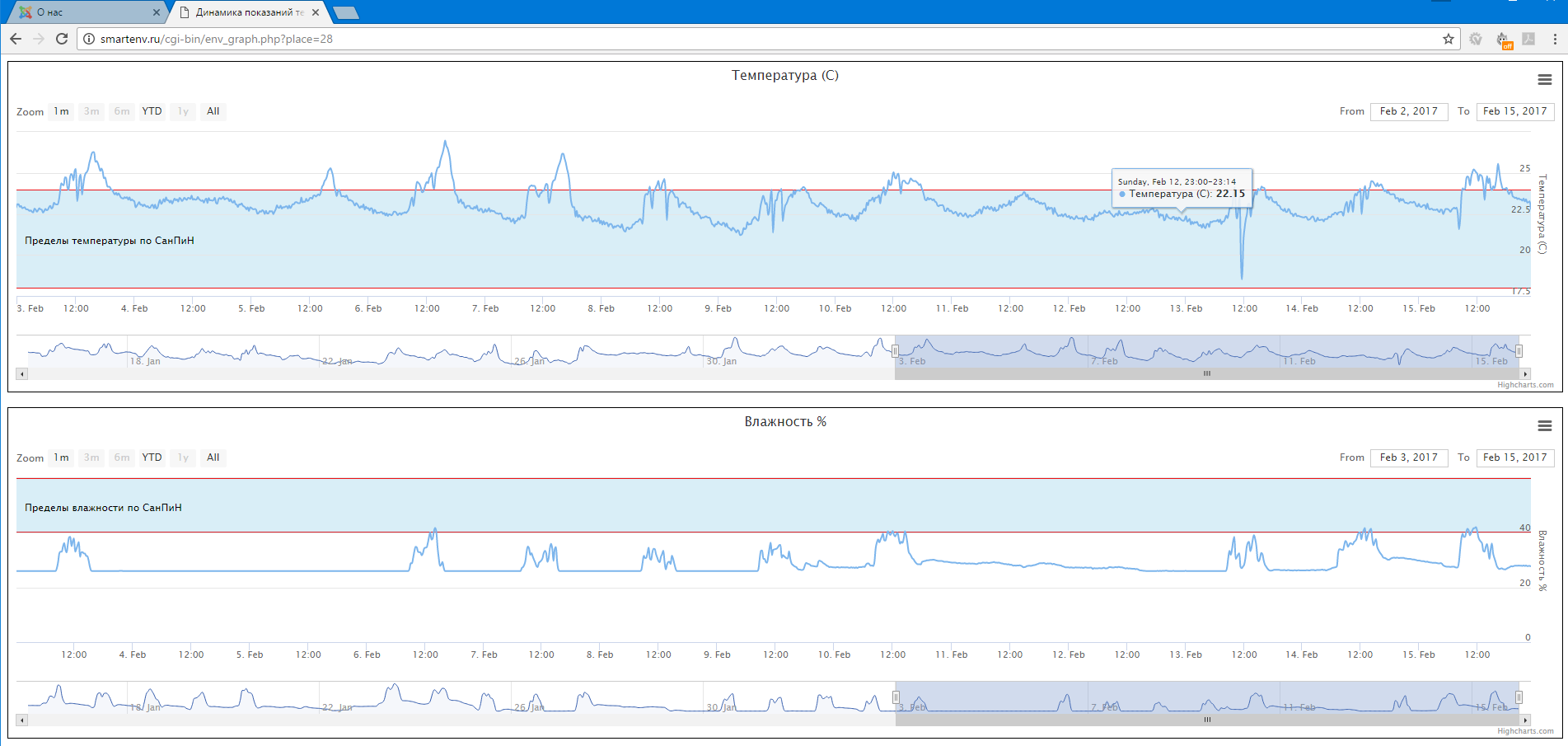
## II.3. Результаты проекта

В ходе проекта мы пришли к следующим результатам:

1. Изучен и систематизирован теоретический материал, включающий в себя анализ влияния показателей микроклимата на здоровье человека
2. Изучены регламентированные нормы и допустимые значения показателей микроклимата в учебных заведениях среднего образования, установленные законодательством РФ
3. Определены основные критерии, которыми на наш взгляд должна обладать разрабатываемая система
4. Выбрана аппаратно-техническая база и спроектирована архитектура автоматизированной системы
5. Разработана электрическая схема подключения датчиков измерения температуры и влажности к основному модулю (контроллеру), определены интерфейсы взаимодействия контролера и базы данных, разработана структура и схема базы данных
6. Выбрано требуемое программное обеспечение для передачи данных, их хранения и дальнейшей визуализации, а именно выбрана система управления базой данных (СУБД) и Web-сервер, а также поставщик услуг по физическому размещению информации, СУБД, Web-сервера, постоянно доступных в интернете
7. Разработаны интерфейсы взаимодействия контролера и базы данных
8. Реализован опытный образец (собраны 2 датчика)
9. Осуществлена отладка электрической схемы, программ управления работой прибора, передачи, хранения и отображения данных, полученных с датчиков
10. В кабинетах физики и химии установлено 2 созданных опытных образца приборов, осуществляющих ежеминутный сбор показателей температуры и влажности в исследуемых помещениях.
11. Организован процесс наглядного представления собранной датчиками статистики в виде графиков, обновляемых в режиме реального времени. Графики, а также материалы работы можно увидеть на сайте [www.smartenv.ru](http://www.smartenv.ru)
12. Анализ полученных графиков показывает следующее:
    * + 1. Кабинет физики:



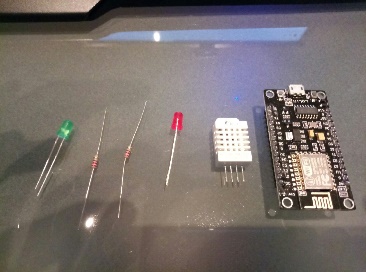
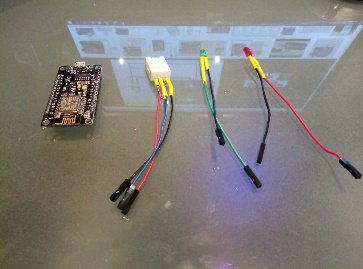
* + - 1. Кабинет химии:

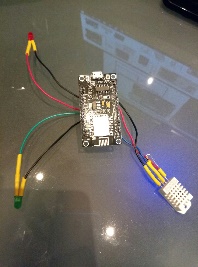


По графикам нетрудно увидеть, что:

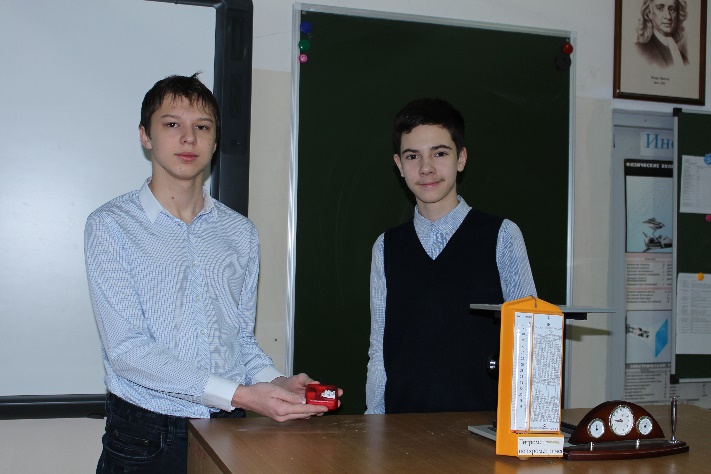
1. Температура воздуха в обоих школьных кабинетах соответствует нормативам, установленным ГОСТ, и не нуждается в корректировке.
2. Влажность воздуха, хоть и незначительно, но ниже нормы, поэтому имеет смысл провести мероприятия по коррекции влажности в помещениях физики и химии. В качестве возможных мер можно предложить следующие:
   1. Установка увлажнителей воздуха (требует финансовых расходов)
   2. Периодическое распыление воды из пульверизаторов (например, на переменах)
   3. Установка на подоконниках или шкафах емкостей с водой

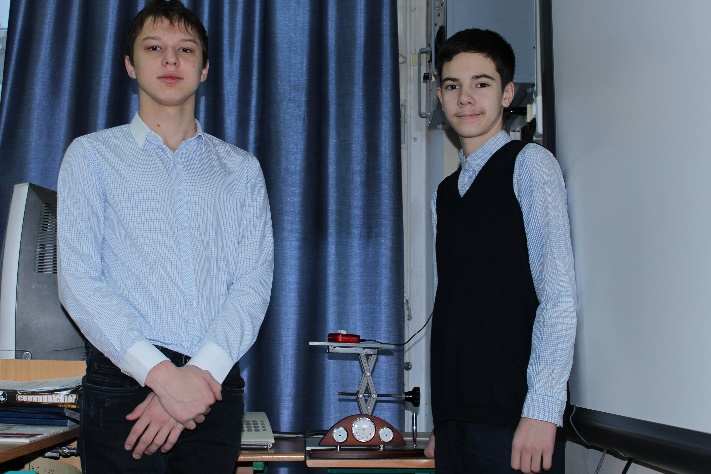
Таким образом, нами был разработан и реализован инструмент анализа параметров микроклимата в школьных помещениях, который позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг температурного режима и влажности в кабинетах учебных заведений и дает возможность оперативной коррекции показателей с целью их нормализации при условии отклонений от установленных нормативов.

Итак, разработанная нами автоматизированная система Smart Environment обладает следующими очевидными плюсами:

1. Обеспечивает измерение самых основных параметров микроклимата в кабинетах учебного заведения – температуры и влажности
2. Имеет модульную структуру, что обеспечивает хорошую ремонтопригодность и возможность расширения
3. Позволяет наглядно визуализировать, хранить и анализировать собранные данные в режиме реального времени как педагогам, учащимся и администрации школы, так и контролирующим органам
4. Имеет низкие ценовые показатели, которые дают возможность учебному заведению внедрить данную систему в эксплуатацию

Таким образом, система отвечает всем требованиям, установленным нами при определении критериев

## II.4. Перспективы развития проекта

В качестве перспектив развития своего проекта мы видим следующие:

1. Увеличение количества датчиков с целью установки в большем количестве школьных кабинетов, т.е. расширение системы
2. Создание мобильной версии приложения для удобства использования с мобильных устройств

# Список использованных источников

1. [www.studopedia.ru](http://www.studopedia.ru). «Предмет и методы метеорологии»
2. А. Н. Голицын «Инженерная геоэкология». Учебник
3. Энциклопедия Кругосвет. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия [www.krugosvet.ru](http://www.krugosvet.ru). «Метеорология и климатология».
4. В. А. Михеев. Учебное пособие по курсу «Науки о Земле». «Климатология и метеорология»
5. И.Г. Сидоркина, В.И. Мясников «Написание магистерской диссертации по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника», Методические указания
6. [www.arduinobazar.ru](http://www.arduinobazar.ru)
7. <https://ru.wikipedia.org>
8. [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru)
9. [www.info.xakes.net](http://www.info.xakes.net)
10. [www.market.yandex.ru](http://www.market.yandex.ru), а также информация с технических паспортов домашних метеостанций производителей
11. [www.coursera.org](http://www.coursera.org) Бесплатные онлайн курсы от ведущих университетов и образовательных учреждений. Курс «Строим роботов и другие устройства на Arduino»
12. [www.ekontrol.ru](http://www.ekontrol.ru) сайт Санкт-Петербургского центра гигиены и эпидемиологии
13. Е.И. Тимофеева, Г.В. Федорович «Экологический мониторинг параметров микроклимата»
14. [www.ntm.ru](http://www.ntm.ru) сайт приборостроительной компании «НТМ-Защита»
15. [www.cyberleninka.ru](http://www.cyberleninka.ru) научная электронная библиотека «КиберЛенинка»
16. Сайты производителей систем мониторинга микроклимата, а именно:
    1. [www.disystec.ru](http://www.disystec.ru) сайт компании ООО "Диспетчерские Системы и Технологии"
    2. [www.unicom1.ru](http://www.unicom1.ru) сайт компании ООО "Инженерные технологии"
    3. [www.microfor.ru](http://www.microfor.ru) сайт компании НПК "МИКРОФОР"
    4. [www.tkaspb.ru](http://www.tkaspb.ru) сайт компании НТП "ТКА"
    5. [www.climatecontrolsolutions.ru](http://www.climatecontrolsolutions.ru) сайт концерна Testo

# Приложение 1. *Листинг программы управления датчиками домашней метеостанции*

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal\_I2C.h>

#include "DHT.h"

#include <Adafruit\_BMP085.h>

#include "Sodaq\_DS3231.h"

#define DHTTYPE1 DHT22

#define DHTTYPE2 DHT22

#define Temp\_in 7

#define Temp\_out 8

#define RAIN A1

#define GAZ A0

DHT dht(Temp\_in, DHTTYPE1);

DHT dht2(Temp\_out, DHTTYPE2);

Adafruit\_BMP085 bmp;

LiquidCrystal\_I2C lcd(0x27, 16, 2);

int q = 1;

void setup()

{

bmp.begin();

lcd.init();

lcd.backlight();

dht.begin();

dht2.begin();

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("H:");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("T:");

lcd.setCursor(8, 1);

lcd.print("C");

lcd.setCursor(8, 0);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(15, 0);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(15, 1);

lcd.print("C");

pinMode(RAIN, INPUT);

rtc.begin();

Serial.begin(9600);

Serial.println("99999");

}

void gaz()

{

int gz = analogRead(GAZ);

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Gaz");

lcd.setCursor(6, 0);

lcd.print(gz);

}

int rain(int temp)

{

int rn;

rn = analogRead(RAIN);

Serial.println(rn);

if ((rn < 500) && (temp >= 5))

{

lcd.setCursor(6, 0);

lcd.print("Rain");

}

else if ((rn < 500) && (temp < 5))

{

lcd.setCursor(6, 0);

lcd.print("Snow");

}

else

{

lcd.setCursor(6, 0);

lcd.print("Nothing");

}

}

void loop()

{

char time[10];

char data[11];

char day[10];

delay (10000);

lcd.clear();

float to = dht2.readTemperature();

float ho = dht2.readHumidity();

float t = dht.readTemperature();

float h = dht.readHumidity();

float p = bmp.readPressure();

DateTime now = rtc.now(); //get the current date-time

switch (q) {

case 1:

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("H:");

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("T:");

lcd.setCursor(8, 1);

lcd.print("C");

lcd.setCursor(8, 0);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(15, 0);

lcd.print("%");

lcd.setCursor(15, 1);

lcd.print("C");

lcd.setCursor(2, 0);

lcd.print(h);

lcd.setCursor(10, 0);

lcd.print(ho);

lcd.setCursor(2, 1);

lcd.print(t);

lcd.setCursor(10, 1);

lcd.print(to);

q++;

break;

case 2:

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Pr:");

lcd.setCursor(11, 0);

lcd.print("mm Hg");

lcd.setCursor(4, 0);

lcd.print(p / 133.3);

snprintf(time, sizeof(time), "%02d:%02d",

now.hour(), now.minute());

snprintf(data, sizeof(data), "%02d/%02d/%02d",

now.date(), now.month(),now.year());

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print(data);

lcd.setCursor(11, 1);

lcd.print(time);

q++;

break;

case 3:

rain(to);

snprintf(time, sizeof(time), "%02d:%02d",

now.hour(), now.minute());

snprintf(data, sizeof(data), "%02d/%02d/%02d",

now.date(), now.month(),now.year());

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print(data);

lcd.setCursor(11, 1);

lcd.print(time);

q ++;

break;

case 4:

gaz();

snprintf(time, sizeof(time), "%02d:%02d",

now.hour(), now.minute());

snprintf(data, sizeof(data), "%02d/%02d/%02d",

now.date(), now.month(),now.year());

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print(data);

lcd.setCursor(11, 1);

lcd.print(time);

q = 1;

break;

}

}

# Приложение 2.1. *Сравнительная таблица характеристик систем мониторинга показателей микроклимата, представленных на рынке*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Мониторинг | | | Тип связи | Дополнительное ПО | Дополнительное оборудование | Цена | Расширяемость | Сфера применения |
| Темп. | Влаж. | Иных парам. |
| Система «АНЕМОН" компании ООО "Диспетчерские Системы и Технологии" | да | да | давление | проводная, радио. диапазон передачи данных по радиоканалу - 300м на открытом пространстве, облако | нет | установка в шкафы | не указана | да | Складские и производственные помещения |
| Система «Гигротермон» компании ООО "Инженерные технологии" | да | да | нет | проводная, радио, WI-FI | «Гигротермон-АРМ» | микроконтроллер «Гигротермон» | 25000 минимальная конфигурация из 1 датчика температуры и влажности | 1- до 20 датчиков к одному контроллеру |
| Многоканальные системы контроля микроклимата и других параметров технологических сред компании НПК "МИКРОФОР" | да | да | давление | проводная до 1200 м, радио - дальность работы в помещении может достигать 90м, на открытом пространстве - 3200м | программным комплексом SensNet | контроллер измерительных преобразователей сети ModBus Ива-128. | около 80000 за один датчик температуры и влажности | до 255 датчиков |
| Системы "ТКА-ПКЛ” компании НТП "ТКА" | да | да | нет | Wi-Fi, USB, радиоканал (Дальность действия – до 400 метров в прямой видимости) | клиентское приложение работы с данными | для беспроводных - приёмная станция, подключаемая к ПК | 15000 за один проводной датчик температуры, давления и влажности | до 255 штук к одной приемной станции | Складские, производственные, жилые помещения |
| Система "testo Saveris" Концерна Testo AG (Германия) | да | да | опционально давление, концентрацию газа, уровня освещенности | проводная, радио | клиентское ПО Saveris | устройства передачи данных от измерительных модулей до базы, база testo Saveris | более 100000 за систему из 1 радиодатчика измерения температуры и 1 влажности | до 150 датчиков (до 75 радиозондов, остальные проводные) | Складские, производственные, жилые, офисные помещения |
| Система "testo Saveris 2" Концерна Testo AG (Германия) | да | да | нет | облако | нет | нет | не менее 22000 за систему из 1 датчика температуры и 1 датчика влажности | до 150 датчиков |

# Приложение 2.2. *Листинг программы обработки показателей, передаваемых подключенными к основному модулю-контроллеру датчиками* *системы Smart Environment*

#include <Arduino.h>

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <ESP8266WiFiMulti.h>

#include <ESP8266HTTPClient.h>

#define GREEN D6

#define RED D7

//SID WiFi

#define WFSSID "\*\*\*\*\*"

//Пароль к WiFi

#define WFPass "\*\*\*\*\*"

// URL передачи данных

#define URLBASE "http://smartenv.ru/cgi-bin/test\_db.py"

// Код датчика

#define PLACE\_ID 28

ESP8266WiFiMulti WiFiMulti;

#include "DHT.h"

#define DHTPIN D5

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void led\_onoff(int pin, boolean onoff)

{

if(onoff)

{

digitalWrite(pin, HIGH);

}

else

{

digitalWrite(pin, LOW);

}

}

void blink(int pin, int speed){

led\_onoff(pin,true);

delay(speed);

led\_onoff(pin,false);

delay(speed);

}

void setup() {

pinMode(RED, OUTPUT);

pinMode(GREEN, OUTPUT);

Serial.begin(115200);

WiFiMulti.addAP(WFSSID, WFPass);

dht.begin();

}

int send\_data(int param, float val)

{

HTTPClient http;

String url;

url = String(URLBASE) + "?place=" + String(PLACE\_ID);

url = url + "&param=" + String(param);

url = url + "&val=" + String(val);

http.begin(url); //HTTP

Serial.print("URL ");

Serial.println(url);

int httpCode = http.GET();

// httpCode will be negative on error

if (httpCode > 0) {

// HTTP header has been send and Server response header has been handled

// file found at server

if (httpCode == HTTP\_CODE\_OK) {

String payload = http.getString();

Serial.println(payload);

blink(GREEN,50);

blink(GREEN,50);

blink(GREEN,50);

}

} else {

blink(RED,50);

blink(RED,50);

blink(RED,50);

}

http.end();

}

void loop() {

// put your main code here, to run repeatedly:

if ((WiFiMulti.run() == WL\_CONNECTED)) {

led\_onoff(RED,false);

float h = dht.readHumidity();

float t = dht.readTemperature();

if (isnan(h) || isnan(t)){

Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");

blink(RED,50);

blink(RED,50);

}else

{

send\_data(1,h);

send\_data(2,t);

blink(GREEN,100);

}

delay(60000);

}

else

{

led\_onoff(RED,true);

delay(10000);

}

}

# Приложение 2.3. *Листинг программы получения значений показаний датчиков от основного контроллера и сохранения их в базе данных*

#!/usr/bin/python

# -\*- coding: utf-8

import MySQLdb

import string

import cgi

form = cgi.FieldStorage()

print("Content-type: text/html")

print("")

print("<h1>Hello world!!!</h1>")

# подключаемся к базе данных

db = MySQLdb.connect(host="smartenv.mysql", user="smartenv\_mysql",

passwd="\*\*\*\*\*", db="smartenv\_db", charset='utf8')

# формируем курсор, с помощью которого можно исполнять SQL-запросы

cursor = db.cursor()

place\_id = form.getfirst("place")

val\_id = form.getfirst("param")

val = form.getfirst("val")

if int(val\_id) == 1:

val = float(val) + 25

if int(val\_id) == 2:

val = float(val) - 3

sql = """INSERT INTO sw\_data(place\_id, value\_id, value\_date, value)

VALUES (%(place)s, %(param)s, sysdate(), %(val)s)

"""%{"place":place\_id, "param":val\_id, "val":val}

#print(sql)

# исполняем SQL-запрос

cursor.execute(sql)

# применяем изменения к базе данных

db.commit()

print("OK")

# Приложение 2.4. *Web-страница*

<!DOCTYPE HTML>

<html>

<head>

<?php

$place = $\_GET['place'];

?>

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">

<title>Динамика показаний температуры и влажности на датчике <?php print $place;?></title>

<script type="text/javascript" src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.8.2/jquery.min.js"></script>

<style type="text/css">

${demo.css}

</style>

<script type="text/javascript">

$(function () {

$.getJSON('/cgi-bin/select\_data.py?place=<?php print $place;?>&valid=2', function (data) {

Highcharts.setOptions({

global: {

useUTC: false

}

});

// Create the chart

Highcharts.stockChart('containerTemp', {

rangeSelector: {

selected: 1

},

title: {

text: 'Температура (C)'

},

series: [{

name: 'Температура (С)',

data: data,

type: 'spline',

tooltip: {

valueDecimals: 2

}

}],

yAxis: {

title: {

text: 'Температура (С)'

},

plotLines: [{

value: 18,

width: 1,

color: 'red'

},

{

value: 24,

width: 1,

color: 'red'

}],

plotBands: [{

from: 18,

to: 24,

color: 'rgba(68, 170, 213, 0.2)',

label: {

text: 'Пределы температуры по СанПиН'

}

}]

}

});

});

});

$(function () {

$.getJSON('/cgi-bin/select\_data.py?place=<?php print $place;?>&valid=1', function (data) {

Highcharts.setOptions({

global: {

useUTC: false

}

});

// Create the chart

Highcharts.stockChart('containerHumidity', {

rangeSelector: {

selected: 1

},

title: {

text: 'Влажность %'

},

series: [{

name: 'Влажность %',

data: data,

type: 'spline',

tooltip: {

valueDecimals: 2

}

}],

yAxis: {

min: 10,

max: 60,

title: {

text: 'Влажность %'

},

plotLines: [{

value: 40,

width: 2,

color: 'red'

},

{

value: 60,

width: 2,

color: 'red'

}],

plotBands: [{

from: 40,

to: 60,

color: 'rgba(68, 170, 213, 0.2)',

label: {

text: 'Пределы влажности по СанПиН'

}

}]

}

});

});

});

</script>

</head>

<body>

<script src="https://code.highcharts.com/stock/highstock.js"></script>

<script src="https://code.highcharts.com/stock/modules/exporting.js"></script>

<div id="containerTemp" style="height: 400px; border: solid 1px black;"></div>

<br/>

<div id="containerHumidity" style="height: 400px; border: solid 1px black;"></div>

</body>

</html>

#!/usr/bin/python

# -\*- coding: utf-8

import MySQLdb

import string

import cgi

import json

form = cgi.FieldStorage()

print("Content-type: application/json")

print("")

# подключаемся к базе данных

db = MySQLdb.connect(host="smartenv.mysql", user="smartenv\_mysql",

passwd="\_ccku6sh", db="smartenv\_db", charset='utf8')

# формируем курсор, с помощью которого можно исполнять SQL-запросы

cursor = db.cursor()

place\_id = form.getfirst("place")

val\_id = form.getfirst("valid")

sql = """SELECT UNIX\_TIMESTAMP(`value\_date`)\*1000 as dtime, `value`, sw\_norm.value\_norm FROM `sw\_data`, `sw\_norm`

WHERE sw\_data.value\_id = sw\_norm.value\_id AND `place\_id`=%(place)s AND sw\_data.value\_id=%(val\_id)s

"""%{"place": place\_id, "val\_id": val\_id}

#print(sql)

# исполняем SQL-запрос

cursor.execute(sql)

rows = [x for x in cursor]

print(json.dumps(rows))

cursor.close()