

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет математики и информатики
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление 09.04.04 – Программная инженерия
Магистерская программа Управление разработкой программного обеспечения

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« _____ » _____ 2017г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Разработка автоматизированной системы мониторинга и контроля температуры и влажности

Исполнитель магистрант группы 557 ОМ	_____	С.В. Худяков
Руководитель доцент, канд. техн. наук	_____	С.Г. Самохвалова
Руководитель магистерской программы профессор, доктор техн. наук	_____	Е.Л. Еремин
Нормоконтроль доцент, канд. физ.-мат. наук	_____	В.В. Еремина
Рецензент	_____	О.Г. Какаулин
Рецензент доцент, канд. ф.-м. наук	_____	А.Н. Семочкин

Благовещенск 2017

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит – 64 с., 21 рисунок, 1 приложение, 62 источника. Структура диссертации состоит из трех разделов: «Анализ систем мониторинга и контроля параметров микроклимата», «Модель мониторинга и контроля влажности и температуры в помещении», «Разработка программного обеспечения и реализация».

МИКРОКЛИМАТ, НОРМИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ, МИКРОПРОЦЕССОР, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ, КОНВЕРТЕР, СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ, ЗАГРУЗЧИК, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, СКЕТЧ

Актуальность исследования состоит в том, что сегодня для увеличения производительности труда работников, которое зависит от улучшения их самочувствия на рабочем месте, а также увеличения сроков эксплуатации рабочего оборудования, или же достижения максимального срока годности готовой продукции необходимо следить и контролировать параметры микроклимата. Таким образом, мониторинг и контроль таких параметров как температура и влажность являются достаточно актуальной задачей.

Целью работы послужило создание аппаратного и программного средств, предназначенных для работы автоматизированной системы мониторинга и контроля температуры и влажности.

Научная новизна основных результатов работы состоит в следующем: спроектированная и реализованная система практически реализует локальный и удаленный мониторинг и контроль параметров микроклимата, используя при этом

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Худяков С. В.				У	2	64
Пров.		Самохвалова С.Г.				АмГУ кафедра ИУС		
Консульт.								
Н. контр.		Еремина В.В.						
Зав. каф.		Бушманов А.В.						

микроконтроллерные платы, которые упрощают эксплуатацию, отличаясь при этом своими малыми размерами и низкой ценой.

Защищаемые положения:

1. Спроектированные схемы для локального и удаленного автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности.
2. Алгоритмы работы разработанных систем.
3. Программы, написанные для загрузки на микроконтроллерные платы для корректной работы с датчиком температуры и влажности и передачи данных на локальный компьютер и удаленный сервер.
4. Программа для визуализации данных для локальной системы автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности.

Основные результаты проведенного квалифицированного исследования опубликованы в трех журнальных статьях [59, 60, 61].

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Худяков С. В.				У	3	64
<i>Пров.</i>		Самохвалова С.Г.				АмГУ кафедра ИУС		
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>		Еремина В.В.						
<i>Зав. каф.</i>		Бушманов А.В.						

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Анализ систем мониторинга и контроля параметров микроклимата	9
1.1 Особенности мониторинга и контроля параметров микроклимата	9
1.2 Анализ существующих систем мониторинга и контроля параметров микроклимата, а также варианты и схемы их использования	19
1.2.1 Система мониторинга параметров микроклимата Testo Saveris	19
1.2.2 Система мониторинга температуры TempControl	21
1.2.3 Система дистанционного мониторинга EctoControl	23
1.2.4 Система мониторинга и контроля Multibox	25
1.2.5 Система мониторинга температуры и влажности «Страж-Климат»	25
1.2.6 Система мониторинга параметров среды КонтроАвт	27
1.3 Выводы	28
2 Модель мониторинга и контроля влажности и температуры в помещении	29
2.1 Анализ аппаратных средств для решения задачи	29
2.2 Схемы сборки аппаратной части	40
2.3 Выводы	43
3 Разработка программного обеспечения и реализация	44
3.1 Анализ программных средств для решения задачи	44
3.2 Алгоритмы работы	48
3.3 Разработка системы, работающей локально	50
3.4 Разработка системы, работающей удаленно	53
3.5 Данные тестирования систем	57
3.6 Выводы	58
Заключение	59
Библиографический список	60
Приложение А	65

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей дипломной работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

СанПиН 2.2.4.548-96	Требования к микроклимату помещений;
ГОСТ 1.2-97	Правила и рекомендации стандартизации;
ГОСТ 1.0-92	Основные положения стандартизация;
ГОСТ 30494-2011	Параметры микроклимата в помещениях;
ГОСТ 19.001-77 ЕСПД	Общие положения;
ГОСТ 19.004-80 ЕСПД	Термины и определения;
ГОСТ 19.101-77 ЕСПД	Виды программ и программных документов;
ГОСТ 19.102-77 ЕСПД	Стадии разработки;
ГОСТ 19.103-77 ЕСПД	Обозначение программ и программных документов;
ГОСТ 19.104-78 ЕСПД	Основные надписи;
ГОСТ 19.105-78 ЕСПД	Общие требования к программным документам;
ГОСТ 19.106-78 ЕСПД	Требования к программным документам, выполненным печатным способом;
ГОСТ 19.401-78 ЕСПД	Текст программы. Требования к содержанию и оформлению.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день очень важно следить за параметрами микроклимата как дома, так и во всех местах, где такие параметры как температура, влажность, скорость движения воздуха и т. д. влияют на деятельность человека в целом. Это может быть офис, в котором от этих параметров зависит самочувствие работников и, соответственно, рабочий процесс в целом. Либо это может быть сложное производство электроники или любой другой точной промышленности, где соблюдение параметров микроклимата влияет на готовую продукцию. Также при хранении готовой продукции на складе контроль и мониторинг параметров микроклимата стал уже неотъемлемой частью жизнедеятельности человека.

В период постоянно растущего спроса и соответственно растущей продукции как пищевой, так и промышленной появилась задача свести к минимуму либо и вовсе оградить от внешних воздействий уже готовую продукцию. Сегодня для решения данного вопроса проектируются и реализуются полностью автоматические либо автоматизированные системы для мониторинга и контроля параметров микроклимата.

В зависимости от производства, технологического, а также эксплуатационного процессов важными параметрами микроклимата могут быть температура, влажность, загрязненность воздуха, электромагнитное излучение и т.д. Существуют специальные службы, которые производят оценку всех необходимых параметров и на основе анализа делают заключение на какие из них следует обратить особое внимание, чтобы в дальнейшем улучшить показатели того или иного процесса.

Как показывает практика наиболее значимыми являются такие параметры как температура и относительная влажность воздуха. Это связано с тем, что у всей продукции как технической, так и пищевой существуют особые условия хранения и срок годности. Контроль и мониторинг перечисленных параметров повышает срок службы технической продукции и срок годности пищевой, что качественным образом влияет на объемы производимой продукции. Также не стоит забывать о

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		6

том, что температура и влажность воздуха влияют на самочувствие самих работников на производстве.

Системы, которые должны следить и регулировать данные параметры должны быть удобны в эксплуатации и не требовать специальных навыков для их обслуживания. Также такие системы должны обладать небольшими размерами и легкостью внедрения.

Поэтому в последнее время использование микроконтроллеров как в повседневной жизни, так и в сложных производственных процессах стало неотъемлемым инструментом разработчиков.

За последние несколько лет рынок микроэлектроники стал заполняться микроконтроллерами от различных производителей, что позволяет почти любому разработчику собрать необходимую систему, как автоматическую, так и автоматизированную. Также в свободной продаже имеются датчики любой направленности, что положительным образом влияет на возможный функционал таких систем.

Микроконтроллеры обладают различным интерфейсом, в том числе и для подключения к сети интернет. Это позволяет разработчикам создавать системы как для локального использования, так и удаленного.

Сегодня очень часто можно услышать такой термин как «Интернет вещей». Этот термин предполагает интеграцию интернет соединения посредством Wi-Fi в небольшие и недорогие устройства, чтобы иметь возможность подключить их напрямую в инфраструктуру. Зачастую такие системы разрабатываются на основе все тех же микроконтроллеров.

Подобные системы набирают обороты на рынке электроники для дома и офиса и имеют общее название – системы «Умный дом». Умный дом (smart home, также home automation) – система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определенные задачи без участия человека. Наиболее распространенные примеры таких действий – автоматическое включение и выключение света, автоматическая коррекция работы отопительной системы или кондиционера и автоматическое уведомление о вторжении, возгорании или протечке воды.

Спрос на подобные системы сейчас очень быстро возрастает. Ими интере-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		7

суются как рядовые разработчики, решающие использовать такие системы для своих бытовых нужд, так и крупные компании для решения крупных задач по автоматизации.

Поэтому 2014 год стал для многих разработчиков-любителей знаменательным, так как большое количество производителей объявили о выпуске наборов микросхем. Данные микросхемы представляют собой как отдельные модули, так и полноценные микроконтроллеры, обладающие большим функционалом для решения поставленных задач.

Поэтому актуальность данной исследовательской работы заключается в создании автоматизированной системы мониторинга и контроля температуры и влажности, которая всецело будет решать поставленные задачи и не будет обладать теми недостатками, которые имеются у уже существующих систем.

Так как подобные системы начали создаваться относительно недавно (чуть более 10 лет), то можно судить о новизне выбранной тематики, а именно она заключается в использовании аппаратной и программной частей, не внедрившихся ранее. Данное решение принято в связи с возможностью снизить затраты на разработку.

Исходя из описанного выше можно поставить цель исследования – разработка системы мониторинга и контроля температуры и влажности, которая отличалась бы своей легкостью в эксплуатации, небольшими размерами и приемлемой ценой, а также не требовала специальных навыков для ее интеграции.

Отсюда можно поставить следующие задачи:

- выбор аппаратной части для оптимальной сборки;
- выбор программной среды для реализации;
- сборка схемы системы;
- реализация локальной и удаленной версии системы;
- оценка денежных затрат.

1 АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

1.1 Особенности мониторинга и контроля параметров микроклимата

Микроклимат – это состояние наземно-воздушной среды обитания в определенном ограниченном пространстве, обусловленное объективными природными факторами (географические, геофизические и климатологические особенности некоторой местности, ее макро- и микрорельеф, состояние литосферных плит) и субъективными факторами (результаты хозяйственной и производственной деятельности человека, применение изменяющих климатическую картину систем управления кондиционированием, теплосберегающих архитектурно-строительных конструкций и материалов) [41, 56].

Условия микроклимата в рабочем помещении зависят от:

- климатического пояса и сезона года;
- характера технологического процесса и вида используемого оборудования;
- условий воздухообмена;
- площади помещения;
- количества работающих людей и т.п.

На протяжении всего рабочего дня микроклимат в помещении может меняться, быть различным на отдельных его участках.

В условиях производства характерно суммарное действие параметров микроклимата: температуры, влажности, скорости движения воздуха.

Все эти параметры регламентируются с учетом тяжести физического труда (легкая, средней тяжести, тяжелая работа), исходя из величин теплопродукции. Более высокая температура и меньшая скорость движения воздуха разрешается при легкой работе, чем, к примеру, при работах средней тяжести и тяжелой. Категории тяжести работы устанавливаются на основе общих энергозатрат организма, а при оценке помещений на категории выполняемых в них работ ориентируются на работы, в выполнении которых принимают участие 50% и более работающих лиц.

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		9

Параметры микроклимата производственных помещений прописаны в нормативных актах. В этих нормах отдельно нормирован каждый компонент микроклимата в конкретной рабочей зоне помещения [28].

В соответствии с СанПиНом 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Температура воздуха, измеряемая в градусах Цельсия(°С), является одним из основных параметров, характеризующих тепловое состояние микроклимата. Температура поверхностей и интенсивность теплового облучения учитываются только при наличии соответствующих источников тепловыделений.

Влажность воздуха – содержание в воздухе водяного пара. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность.

Абсолютная влажность (А) – упругость водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе, выраженная в мм ртутного столба, или массовое количество водяных паров, находящихся в одном кубическом метре (м³) воздуха, выражаемое в граммах.

Максимальная влажность (F) – упругость или масса водяных паров, которые могут насытить один кубический метр (м³) воздуха при данной температуре.

Относительная влажность (R) – это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Скорость движения воздуха измеряется в метрах в секунду (м/с).

Воздействие комплекса микроклиматических факторов отражается на теплоощущении человека, его общефизическом состоянии и обуславливает

особенности физиологических реакций организма [5]. Жизнедеятельность каждого индивидуума 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. Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти. Температурные воздействия, выходящие за пределы нейтральных колебаний, вызывают изменения тонуса мышц, периферических сосудов, деятельности потовых желез, теплопродукции. В плохом микроклимате часто возникают аллергические заболевания и расстройства центральной нервной системы.

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 градусов по Цельсию, 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 неблагоприятна для человека из-за интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем загрязнения болезнетворными микробами. Для человека является допустимым для снижения 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.

Высокая интенсивность теплового облучения – инфракрасное излучение и высокая температура воздуха могут 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 градусов по Цельсию, 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 градусов по Цельсию, 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 повышается.

Санитарные нормы оптимального микроклимата в помещениях дифференцируют для теплого и холодного периодов года и составляют: температура в теплый период – 23 - 25 градусов по Цельсию, в холодный – 20 - 22 градуса по Цельсию; относительная влажность воздуха – 60 - 30 % в теплый период, 45 - 30 % в холодный период; скорость движения воздуха в теплый период – не более 0,25 м/с, в холодный период – не более 0,1 - 0,15 м/с.

Допустимые санитарные нормы микроклимата в помещениях: в теплый период года – не более 28 градусов по Цельсию, в холодный период – 18 - 22 градуса по Цельсию; относительная влажность воздуха 65 % (в районах с относительной расчетной влажностью воздуха более 75 % эта цифра составляет, соответственно – до 75 %), скорость движения воздуха в теплый период – не более 0,5 м/с, в холодный период – не более 0,2 м/с.

Градиент температур воздуха по высоте помещения и по горизонтали не должен превышать 2-х градусов по Цельсию. Температура на поверхности стен может быть ниже температуры воздуха в помещении не более чем на 6 градусов

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

по Цельсию, пола – на 2 градуса по Цельсию, разница между температурой воздуха и температурой оконного стекла в холодный период года не должна превышать в среднем 10 - 12 градусов по Цельсию, а тепловое воздействие на поверхность тела человека потока инфракрасного излучения от нагретых отопительных конструкций – 0,1 кал/см² в минуту.

Помимо влияния микроклимата на состояние человека не стоит забывать о неблагоприятных факторах, влияющих на состояние оборудования [6].

Большинство параметров микроклимата оказывают отрицательное воздействие на эксплуатацию техники. Малоизвестно и еще редко признается, что причиной поломки и/или выхода из строя электрокомпонентов могут стать коррозия и конденсат, выпадающий из-за относительной влажности воздуха, попадании влаги в изоляционные материалы, а также перегрев, к которому чувствительны большинство материалов, из которых изготовлены компоненты. Вызвать коррозию способны суточные колебания температуры и влажности внутри технического оборудования – как размещенных на улице, так и находящихся в цехах, помещениях. Для того чтобы продлить срок службы оборудования, необходимо учитывать данные параметры, являющиеся наиболее важными в эксплуатационной безопасности.

Опасность, связанная с конденсатом, выпадающим в электротехническом оборудовании, еще нередко игнорируется на стадии проектирования, между тем конденсат способен привести к драматическим последствиям и вызвать серьезные дефекты. Одно из таких последствий – короткое замыкание, в результате которого приходится заменять отдельные электрические или электронные компоненты. При определенных микроклиматических условиях конденсат приводит к короткому замыканию даже в хорошо защищенном, герметичном оборудовании. А между тем, его редко признают причиной неисправности или даже полного выхода из строя всей системы.

В сочетании с агрессивными газами и частицами пыли конденсат вызывает атмосферную коррозию. В результате выходят из строя следующие компоненты:

– шины;

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		13

- контакторы;
- реле;
- защитные переключатели для двигателей;
- трансформаторы;
- преобразователи частоты;
- программируемые контроллеры;
- полупроводники/платы;
- припой, обжимные и резьбовые соединения.

Таким образом, конденсат становится причиной незапланированных ошибок, а также недолговременной и аварийной эксплуатации подключенных электрических машин и механизмов, а также сложного электронного оборудования. При проектировании помещений, в которых эксплуатируется подобное оборудование должны быть приняты серьезные меры по предупреждению образования конденсата. На практике самый большой риск его образования возникает, когда происходят совместные колебания высокой относительной влажности и температуры. Подобное явление наблюдается в герметичном оборудовании и техники, например, во время остановок в работе подключенных механизмов или при уличном размещении. Так, например, конденсат в электрических шкафах способен вызвать:

- изменение сопротивления контактов;
- неопределимые блуждающие токи;
- ухудшение изоляционных свойств;
- возникновение открытой дуги, вплоть до короткого замыкания;
- коррозию рабочих групп электрических и электронных компонентов.

Воздействие относительной влажности воздуха на оборудование и материалы, использованные при его производстве, учитывают при интерпретации микроклиматических данных для технических целей и задании требований к изделиям по влажности, выборе режима испытаний изделий, расчете влагозащитности изделий на период их эксплуатации или на период хранения и транспортирования, выборе оптимальных правил технического обслуживания изделий

и эксплуатации [34,44]. Во всех этих случаях принимают во внимание следующее:

- 1) действие влажности на большинство изделий связано со сравнительно продолжительными процессами диффузии или электрохимическими процессами;
- 2) в естественных условиях на изделия воздействует переменная влажность.

Поэтому в первую очередь следует учитывать не верхние, а эффективные значения влажности и температуры [8]. Такие значения влажности учитывают при оценке параметров изделий, связанных со сравнительно длительными процессами (изменением сопротивления, емкости, электрической прочности полимерной изоляции; процессами набухания, старения, коррозии, электролиза, гидролиза) [9, 10]. Однако, поскольку некоторые быстроразвивающиеся процессы (например, для диэлектриков – изменение напряжения перекрытия или токов утечки по поверхности) зависят от верхнего значения влажности, в требованиях приводят также верхние значения.

В общем виде воздействие относительной влажности воздуха на изделия при их эксплуатации и хранении определяется ее действием на металлы и полимерные материалы [21]. Результат действия влажности на металлы определяется в основном необратимыми процессами (коррозия, иногда – электролиз), на полимерные материалы – как обратимыми процессами (например, диффузия), так и необратимыми (старение). При этом в необратимых процессах совместно с температурно-влажностным комплексом участвует агрессивная среда (например, промышленные загрязненные атмосферы).

В электроустановках и приборах совместно работают изделия из различных материалов. Широко применяют: стали конструкционные и электротехнические, медь, алюминий, свинец, олово, серебро, никель, золото, вольфрам, платину, медно-закисные полупроводники, сплавы различных металлов, бронзу, латунь, уголь, графит, пряжу, поливинил хлорид, полиэтилен, текстолит, эбонит, фибру, смазочные и изоляционные масла, органическое и силикатное стекла, фарфор, клеи, лаки, замазки, кабельную бумагу, резину, битумы, кремниевые, селеновые, германиевые, электролиты кислотные и щелочные и т.д. Одним словом, трудно найти такой материал, который не применяется в электротехнике [33]. И каждый из материа-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		15

лов обладает присущими только ему свойствами.

Свойства материалов определяют преимущественные области их применения, а также условия, при которых материалы применять нельзя. Резина, например, превосходный изоляционный материал. Но если провода в резиновой изоляции проложить в местах, где имеется масло, резина размокнет. В этих условиях нужна пластмассовая изоляция.

Заводы-изготовители электротехнических изделий исходят из свойств материалов, но при ремонтах иногда прибегают к недопустимым заменам. Причины замен различны. В одних случаях просто не знают, что, например, латунью далеко не всегда можно заменять красную медь. В других случаях нет подходящего материала; например, для сырого помещения нужна текстолитовая панель, а ее заменяют гетинаксовой, но гетинакс впитывает влагу, что сильно ухудшает изоляцию панели. В третьих случаях соблазняются легкостью обработки : латунь сверлить легко, а красную медь трудно.

Тепловые воздействия возникают как снаружи системы – солнечная радиация, тепло от близко расположенных источников, так и внутри системы - выделение тепла электронными схемами, при трении механических узлов, химической реакции и др [21]. Особенно вреден нагрев узлов при повышенной влажности окружающей среды, а также при циклическом изменении этих факторов.

Различают три вида тепловых воздействий:

1) Непрерывное. Рассматривают при анализе надежности систем, работающих в стационарных условиях.

2) Периодическое. Рассматривают при анализе надежности систем при повторно-кратковременном включении аппаратуры и изделий под нагрузку и при резких колебаниях условий эксплуатации, а также при суточном изменении внешней температуры.

3) Аперiodическое. Оценивают при работе изделий в условиях теплового удара, следствием чего являются внезапные отказы.

Повреждение изделий, вызванное стационарным тепловым воздействием, обусловлено, в основном, превышением при эксплуатации предельно допустимого

значения температуры.

Деформации изделий, возникающие при периодических тепловых воздействиях, приводят к возникновению повреждений. На некоторые изделия одновременно с периодическим нагревом и охлаждением действуют и резкие изменения давления, что и приводит к повреждениям.

Высокая скорость изменения температуры (тепловой удар), имеющие место при аperiodических воздействиях тепла, приводит к быстрому изменению размеров материалов, что является причиной повреждений. Этот факт чаще проявляется при недостаточном учете коэффициентов линейного расширения сопрягаемых материалов. В частности, при повышенных температурах заливочные материалы размягчаются, происходит расширение сопрягаемых с ними материалов, а при переходе к отрицательным температурам происходит сжатие заливочных материалов и растрескивание их в местах соприкосновения с металлами. При отрицательных температурах возможна значительная усадка заливочных материалов, следовательно, у электроизделий повышается возможность электрического перекрытия. Низкие температуры непосредственно ухудшают основные физико-механические свойства конструкционных материалов, повышают возможность хрупкого разрушения металлов. Низкие температуры существенно влияют на свойства полимерных материалов, вызывая процесс их стеклования, высокие же температуры изменяют упругость этих материалов. Нагрев полимерных изоляционных материалов резко снижает их электрическую прочность и сроки службы.

При достаточно высокой температуре металлы и их сплавы плавятся, а органические вещества – уголь, бумага и др. – сгорают. Температуры плавления различных металлов и их сплавов различны. Например, температуры плавления (цифры округлены) вольфрама, стали, никеля, меди, серебра, латуни, алюминия, цинка, свинца, олова соответственно равны 3410, 1530, 1455, 1083, 981, 900, 658, 419, 327, 232 °С.

Как видно из приведенных данных, среди металлов есть и весьма тугоплавкие, например, вольфрам, и легкоплавкие – свинец, олово, цинк. Из вольфрама из-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		17

готовляют нити ламп накаливания (рабочая температура порядка 2500 °С) и контакты реле импульсного режима, коммутирующие с большой частотой электромагниты, обладающие значительной индуктивностью. В этих случаях токи обычно невелики и кратковременны, а контакты нагревает в основном искра, имеющая высокую температуру.

Из легкоплавких металлов, в основном из свинца, изготавливают плавкие вставки инерционных предохранителей; вставки пластинчатых предохранителей обычно цинковые.

Как говорилось выше, низкие температуры изменяют физико-механические свойства конструкционных и эксплуатационных материалов. Результатами воздействия низких температур являются:

- увеличение вязкости дизельного топлива;
- снижение смазывающих свойств масел и густых смазок;
- застывание механических жидкостей, масел и смазок;
- замерзание конденсата и охлаждающих жидкостей;
- снижение ударной вязкости нехладостойких сталей;
- отвердевание и охрупчивание резин;
- уменьшение сопротивления электропроводников;
- обледенение и покрытие инеем элементов машин.

Последствиями этих факторов являются:

- ухудшение условий работы узлов трения и устройств машины;
- снижение несущей способности элементов;
- ухудшение эксплуатационных свойств материалов;
- воздействие дополнительных нагрузок;
- пробой изоляции обмоток электрических машин систем.

Перечисленные влияния низких температур на свойства материалов вызывают увеличение параметров пусковых, нагрузочных и рабочих отказов, а также снижение сроков службы элементов машин.

Сейчас существуют возможность заказать профессиональное измерение микроклимата в помещении (СОУТ). Специальная оценка условий труда (СОУТ)

– это оценка рабочих мест предприятия или организации на соответствие государственным нормативным требованиям охраны труда и гигиены, обеспечивающим безопасные условия труда.

Согласно статье 212 Трудового кодекса РФ работодатель обязан проводить сертификацию рабочих по условиям труда на любом предприятии. Специальная оценка условий труда является обязательной и для малых предприятий и индивидуальных предпринимателей без образования юридического лица, если предприниматель нанимает работников по трудовому договору в соответствии с Трудовым кодексом РФ.

Данная оценка дает возможность понять, какова микроклиматическая обстановка и существует ли угроза здоровью человека и/или электротехническому оборудованию. По результатам анализов оформляется протокол лабораторных исследований с экспертным заключением (экопаспорт). Вместе с экологическим паспортом можно получить «План мероприятий по улучшению микроклиматических условий».

1.2 Анализ существующих систем мониторинга и контроля параметров микроклимата, а также варианты и схемы их использования

На сегодняшний день существуют решения, которые как частично, так и полностью решают задачу мониторинга и/или контроля параметров микроклимата. Данные решения представляют собой системы либо блоки систем, которые отличаются своими техническими характеристиками, функционалом, а также стоимостью.

В ходе исследования был произведен анализ существующих систем для выявления преимуществ и недостатков, а также наиболее эффективного и необходимого аппаратного функционала. Далее будут представлены данные решения со всеми характеристиками.

1.2.1 Система мониторинга параметров микроклимата Testo Saveris

Система Testo Saveris разрабатывалась для автоматизации процесса мониторинга параметров микроклимата. Она применяется в качестве независимого контура мониторинга параметров окружающей среды и призвана контролировать

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		19

условия хранения или производства, например, корректность работы систем вентиляции и кондиционирования, или же холодильников и морозильных камер.

С помощью штатных датчиков системы можно измерять температуру и влажность. Система имеет возможность интеграции внешних устройств со стандартными аналоговыми выходами (например, токовым 4...20 мА). Благодаря этой функции система может регистрировать любые параметры, например, количество частиц, дифференциальное давление, концентрацию газа, уровня освещенности и прочих. Таким образом, можно рассматривать данную систему, как универсальную платформу для создания комплексной системы мониторинга на уровне предприятия.

Конструктивно система выполнена в виде отдельных модулей и состоит из четырех групп компонентов:

- измерительные модули (датчики);
- база системы;
- программное обеспечение для организации базы данных и контроля с рабочих мест операторов;
- сервисные компоненты для обеспечения связи между измерительными модулями и Базой системы, а также для интеграции устройств с токовым выходом.

Принцип работы системы состоит в размещении измерительных модулей в контрольных точках и последующим анализом и передачей измеренных значений на Базу системы. База системы в свою очередь осуществляет запись измеренных значений в память, передает данные в компьютерную базу данных, а также генерирует сигнальное оповещение в случае выхода значений за заданные пользователем пределы.



Рисунок 1 – Устройство системы Testo Saveris

Технические характеристики:

- диапазон измерения температуры от -50 до +150 °С;
- погрешность измерения температуры составляет 0,2 °С;
- интерфейс для связи со внешними устройствами NTC через разъем мини-DIN;
- поддерживаемые сети связи GSM900/1800 и 868 MHz, а также Ethernet;
- встроенный канал управления сигнализацией (реле);
- диапазон работы аккумулятора от +5 до +45 °С;
- относительная влажность не более 50 %;

Основные функции системы:

- автоматическое ведение единой базы данных измеренных значений;
- автоматическое ведение журнала событий (отклонения от граничных значений, отклонения в работе системы, изменения в настройках системы);
- автоматическое определение отклонения от заданных пользователем граничных значений с последующей генерацией сигнального оповещения. Отправка оповещения заданным адресатам по электронной почте и опционально по SMS. Генерация сигнала тревоги посредством световой, звуковой сигнализации и через релейный выход;
- визуализация измеренных значений на экране ПК оператора системы в виде графиков и на мнемосхемы;
- создание отчетов, в том числе, в автоматическом режиме (ежедневный, еженедельный, ежемесячный) с возможностью автоматической отправки заданным адресатам по электронной почте.

Стоимость системы варьируется в зависимости от комплектации от 23 000 рублей.

1.2.2 Система мониторинга температуры TempControl

Эта система круглосуточно, самостоятельно фиксирует данные о температуре, для этого необходимо лишь задать определенный промежуток времени.

В состав комплекса TempControl входит блок управления, адаптер для соединения датчиков температуры с COM-портом, кабель необходимой длины, раз-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		21

ветвители и датчики.

Диспетчерский пункт может располагаться в любом месте, и через интернет, через любой браузер можно контролировать температуру на объекте. Установка какой-либо серверной части системы контроля температуры TempControl на этот компьютер не требуется.

Система контроля температуры TempControl круглосуточно фиксирует значения температуры через заданные интервалы. Полученные значения отображаются в виде графиков и цифр, а также автоматически заносятся в архив, доступный в любой момент с любого компьютера в локальной сети или сети Интернет, через WEB интерфейс и распечатать на принтере.

При превышении допустимых пределов влажности или температуры система TempControl подает сигнал тревоги – отсылается сообщение на электронную почту и осуществляется запись в журнале, можно настроить оповещение SMS сообщения на мобильный телефон.

Датчики температуры в системе – цифровые. Цифровой сигнал имеет высокую степень защищенности от промышленных помех. Все датчики монтируются на один кабель с высокой помехозащищенностью. В отличие от большинства систем, подключение к одному кабелю снижает затраты на его покупку и прокладку.

Диспетчер может располагаться удаленно. Для контроля температуры нужен компьютер с выходом в интернет.

Система контроля температуры TempControl легко расширяется и перестраивается под требования заказчика.

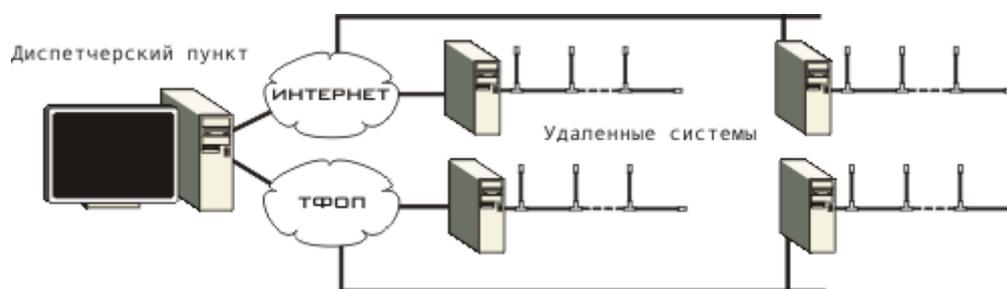


Рисунок 2 – Устройство системы TempControl

Технические характеристики:

– диапазон измерения температуры от -55 до +125 °С;

- погрешность измерения температуры составляет 0,5 °С;
- неограниченное количество датчиков;
- максимальная длина кабеля рассчитывается в отдельности для каждого случая;
- неограниченное количество удаленных систем.

Стоимость системы TempControl варьируется от 17 000 до 23 000 рублей.

1.2.3 Система дистанционного мониторинга EctoControl

Система дистанционного мониторинга EctoControl позволяет измерять температуру воздуха и поверхностей конструкций, отслеживать срабатывание контактных датчиков (датчики открытия двери, движения газа, протечки и т.п.), следить за напряжением питания системы, следить за состоянием промышленных датчиков температуры и давления (с интерфейсом «токовая петля») и передавать результаты слежения и измерения пользователю посредством сетей мобильной связи стандарта GSM (голосовой вызов и SMS). Также есть возможность передавать данные, настраивать и следить за состоянием системы через «личный кабинет» в сети Интернет, использовать для работы с системой смартфоны, планшетные и стационарные ПК, а также ноутбуки.

При подключении дополнительных внешних устройств возможно управление состоянием силовой или слаботочной нагрузки, слежение за дополнительными каналами температуры и влажности окружающего воздуха. Также система способна оповещать об аварийных ситуациях, управлять отопительными приборами, освещением, насосами, открытием ворот и многим другим при помощи трех встроенных реле.

По умолчанию, EctoControl способен следить за подачей электричества в доме. Для получения других данных к базовому комплекту EctoControl приобретаются датчики – проводные блоки, подключающиеся к основному GSM-модулю. Жесткая привязка к кабелю на данный момент является необходимостью: она обеспечивает надежную работу датчиков в случае отключения сети и при любой температуре.

Система EctoControl поддерживает подключение различных датчиков:

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

- температуры воздуха;
- утечки газа;
- протечки воды;
- влажности воздуха;
- открытия двери;
- движения;
- задымления;
- давления в системе отопления.

Дополнительно можно установить:

- блок из 2-х управляемых розеток;
- контакторы для управления электросетью;
- светозвуковая сигнализация;
- провод для удаленного управления котлом.

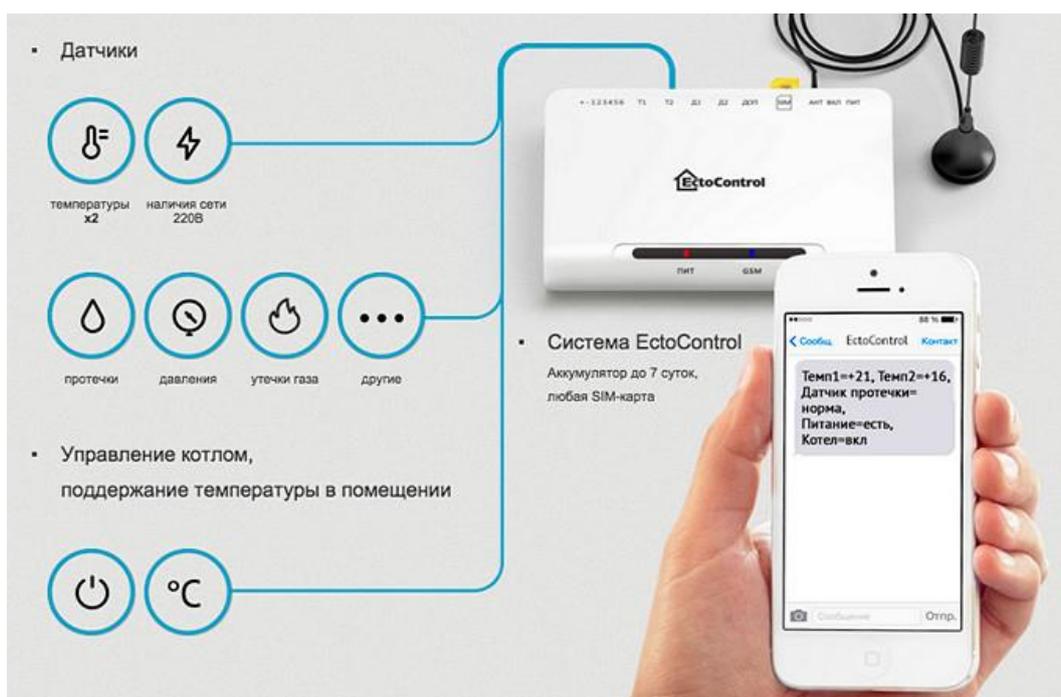


Рисунок 3 – Устройство системы EctoControl

Технические характеристики:

- Диапазон измерения температуры от -25 до +55 °С;
- Отслеживаемые контактные датчики (замкнуто-разомкнуто);
- Внешний резервный источник питания АКБ 12В 1,2 А/ч;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ВКР.155521.09.04.04.ПЗ

Лист

24

- Интерфейс для связи со внешними устройствами;
- Поддерживаемые сети связи GSM900/1800 и 868 MHz;
- Встроенный канал управления сигнализацией (реле);
- Диапазон работы аккумулятора от -3 до +55 °С;
- Относительная влажность не более 50 %;
- Настройка системы и управление ею с помощью SMS.

Стоимость системы EctoControl в зависимости от выбранной комплектации варьируется от 18 000 до 34 000 рублей.

1.2.4 Система мониторинга и контроля Multibox

Система предназначена для мониторинга и контроля температуры и влажности в любых помещениях, а также за его пределами.

Технические характеристики:

- диапазон измерения температуры от -55 до +125 °С;
- включение/выключение до 23 электропотребителей по заданному алгоритму или по нажатию кнопки в программе;
- относительная влажность до 100 %;
- возможность применения нескольких датчиков одновременно;
- запись значений в базу данных;
- просмотр данных в любом web-браузере в виде страницы.

Стоимость системы Multibox без доставки в самой минимальной комплектации составляет 8 000 рублей.

1.2.5 Система мониторинга температуры и влажности «Страж-Климат»

Система обеспечивает непрерывный контроль, отображение текущих значений и ведение архива температуры, влажности, точки росы, освещенности на основе сети модулей измерения.

Система включает комплект из необходимых вам датчиков и программного обеспечения. Все это готово к работе сразу после покупки.

Для связи используется протокол Modbus с физическим интерфейсом RS485 (широко распространенный стандарт в промышленных сетях).

Программное обеспечение представляет результаты измерений в табличной

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		25

и графической форме, а также позволяет просматривать и распечатывать накопленный в базе данных архив измерений за любой период времени.

Возможна передача данных на другие компьютеры локальной сети и через Интернет.

Возможности:

- сеть датчиков температуры, температуры и влажности, освещенности и др. на расстоянии до 1200 метров;
- наблюдение значений в реальном времени и графиков температуры и влажности на экране компьютера;
- звуковое оповещение в случае «аварий» (выход параметров за заданные границы);
- SMS/E-mail уведомления по расписанию и в случае «аварий» (выходе температуры/влажности за заданные пределы);
- контроль действий персонала в аварийных ситуациях – фиксируется время реакции оператора на «аварию» (выход параметра за заданные границы);
- все результаты измерений и графики можно просмотреть в любом временном диапазоне и вывести на печать.

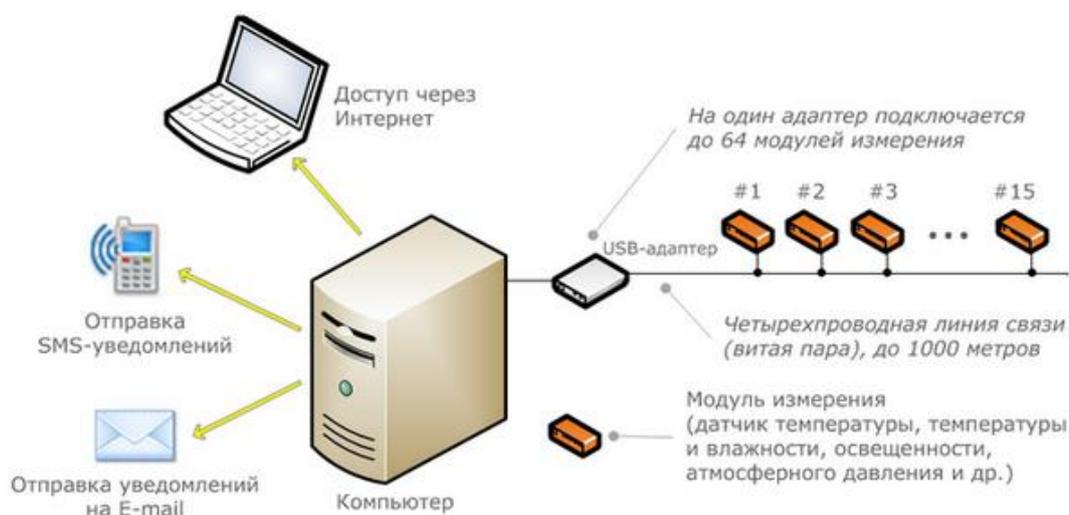


Рисунок 4 – Устройство системы «Страж-Климат»

Технические характеристики:

- диапазон измерения температуры от -40 до +60 °С;
- внешний резервный источник питания;

- интерфейс для связи со внешними устройствами;
- поддерживаемые сети связи GSM900/1800 и 868 MHz;
- относительная влажность до 100 %;
- получение SMS и E-mail уведомлений;
- просмотр данных в любом web-браузере в виде страницы.

Стоимость системы «Страж-Климат» составляет 23 000 рублей.

1.2.6 Система мониторинга параметров среды КонтроАвт

Система представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, который выполняет постоянное измерение параметров среды и технологических процессов на подконтрольных объектах, регистрирует происходящие события, предупреждает о недопустимых отклонениях параметров, сигнализирует об аварийных ситуациях, обеспечивает сбор и архивирование данных, формирует отчеты.

Функции:

- измерение и регистрация параметров в подконтрольных объектах (камеры, помещения);
- визуализация измеренных значений на АРМ оператора;
- построение графиков значений параметров за заданный интервал времени;
- архивирование измеренных значений, просмотр архивных данных;
- предупредительная светозвуковая сигнализация;
- аварийная светозвуковая сигнализация;
- отправка SMS-сообщений об аварийных ситуациях;
- архивирование аварийных ситуаций;
- архивирование действий (или бездействий) оператора;
- ограничение доступа к системе с помощью паролей;
- формирование и печать отчетов (свидетельств) необходимой формы;
- доступ к системе по сети Интернет;
- связь с MES- и ERP-системами предприятия.

Технические характеристики:

- диапазон измерения температуры от -50 до +105 °С;

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		27

- погрешность измерения температуры составляет 0,2 °С;
- максимальная длина кабеля рассчитывается в отдельности для каждого случая;

Стоимость данной системы составляет 34 000 рублей.

1.3 Выводы

Исследование показало, что параметры микроклимата воздействуют на все составляющие жизнедеятельности человека. В большинстве случаев не все факторы учитываются при производственной деятельности.

Необходимость мониторинга и контроля параметров микроклимата в производственном помещении обуславливается двумя составляющими: самочувствием работников на рабочем месте и состоянием рабочего оборудования.

В ходе выполненного анализа было выяснено, что наиболее важными параметрами, влияющими на микроклимат в помещении, являются температура и относительная влажность воздуха.

Исследовательский анализ имеющихся систем для контроля и мониторинга параметров микроклимата выявил их следующие преимущества:

- небольшие габариты;
- удобный интерфейс для использования системы;
- возможность подключения нескольких устройств контроля;
- возможность установки системы аудио и световой сигнализации;
- отправка смс сообщений в случае критических изменений.

Также у данных систем имеются следующие недостатки:

- не всегда эффективный диапазон измерения температуры и влажности;
- в большинстве случаев отсутствие возможности автономной работы;
- большое количество расходного материала;
- трудоемкость подключения и установки;
- большая стоимость.

После постановки задач было решено разрабатывать системы в двух версиях – локальной и удаленной.

2 МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИИ

2.1 Анализ аппаратных средств для решения задачи

Так как в первой главе было принято решение о создании систем в двух вариантах – локальном и удаленном, то появляется задача подбора аппаратных средств для каждого из вариантов [50]. Данная задача исходит из того, что чаще всего микросхемы проектируются для решения определенной проблемы и при этом имеют разный размер и функционал.

Сейчас самым недорогостоящим и эффективным средством решения несложных задач разработчика с точки зрения аппаратной части являются микроконтроллеры.

Микроконтроллер – это микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами [39, 40]. Он отличается от микропроцессора интегрированными в микросхему устройствами ввода-вывода, таймерами и другими периферийными устройствами.

При проектировании микроконтроллеров приходится соблюдать компромисс между размерами и стоимостью с одной стороны и, гибкостью и производительностью с другой. Для разных приложений оптимальное соотношение этих и других параметров может различаться очень сильно. Поэтому существует огромное количество типов микроконтроллеров, отличающихся архитектурой процессорного модуля, размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д. В отличие от обычных компьютерных микропроцессоров, в микроконтроллерах часто используется гарвардская архитектура памяти, то есть раздельное хранение данных и команд в ОЗУ и ПЗУ соответственно [1, 54].

Кроме ОЗУ, микроконтроллер может иметь встроенную энергонезависимую память для хранения программы и данных. Многие модели контроллеров вообще не имеют шин для подключения внешней памяти [26].

Наиболее дешевые типы памяти допускают лишь однократную запись, либо

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

храняемая программа записывается в кристалл на этапе изготовления (конфигурацией набора технологических масок). Такие устройства подходят для массового производства в тех случаях, когда программа контроллера не будет обновляться. Другие модификации контроллеров обладают возможностью многократной перезаписи программы в энергонезависимой памяти.

Неполный список периферийных устройств, которые могут использоваться в микроконтроллерах, включает в себя:

- универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод;
- различные интерфейсы ввода-вывода, такие, как UART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;
- компараторы;
- широтно-импульсные модуляторы (ШИМ-контроллер);
- таймеры;
- контроллеры бесколлекторных двигателей, в том числе шаговых;
- контроллеры дисплеев и клавиатур;
- радиочастотные приемники и передатчики;
- массивы встроенной флеш-памяти;
- встроенные тактовый генератор и сторожевой таймер;

Ограничения по цене и энергопотреблению ограничивает тактовую частоту контроллеров. Хотя производители стремятся обеспечить работу своих изделий на высоких частотах, они, в то же время, предоставляют заказчикам выбор, выпуская модификации, рассчитанные на разные частоты и напряжения питания. Во многих моделях микроконтроллеров используется статическая память для ОЗУ и внутренних регистров [19, 23, 13]. Это дает контроллеру возможность работать на меньших частотах и даже не терять данные при полной остановке тактового генератора. Часто предусмотрены различные режимы энергосбережения, в которых отключается часть периферийных устройств и вычислительный модуль.

На сегодняшний день, при наличии большого количества вариантов постро-

ения автоматизированных систем на основе микроконтроллеров, очень сложно выбрать платформу, которая отличалась бы гибкостью и функциональностью одновременно.

Среди таких решений можно выделить платформы, объединяющие достаточно мощные аппаратные модули сбора данных и управления с универсальными драйверами и прикладным программным обеспечением, реализующим графические языки программирования. Такие системы позволяют эффективно решать многие технические и исследовательские задачи, минимизируя затраты времени на разработку. Однако платой за универсальность и минимальное время освоения таких платформ является их недостаточная гибкость – при решении ряда задач не хватает возможностей систем графического программирования и приходится программировать аппаратные модули, используя обычные языки программирования.

Наиболее гибкие возможности дают дискретные электронные компоненты и относительно мелкие микропроцессорные модули. Например, широкое распространение для таких систем получили Parallax Basic Stamp, Handy Board, Raspberry PI и др. В этом случае подразумевается самостоятельная разработка программного обеспечения управляющих микропроцессоров на языках программирования высокого уровня и языке ассемблера [14]. Однако такая гибкость и минимальные затраты на материалы достигаются значительными временными затратами и требуют очень высокой инженерной квалификации разработчиков: электронщиков и программистов.

Между двумя подходами, перечисленными выше, существуют промежуточные решения, объединяющие небольшие, недорогие аппаратные модули и программное обеспечение в виде «упрощенных» языков программирования, обладающих существенно большей гибкостью по сравнению с графическими языками программирования, но не требующих детального изучения особенностей архитектуры конкретных семейств микропроцессоров. Одним из наиболее удачных представителей такого класса аппаратно-программных платформ, является в настоящее время платформа Arduino [53, 58]. Именно микроконтроллер этой серии был выбран в качестве аппаратной среды разработки локальной системы, а именно Ar-

duino UNO.

Arduino UNO контроллер построен на процессоре ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи. Платформа представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Платформа Arduino UNO

Технические параметры:

- микроконтроллер ATmega328;
- напряжение питания 5 В;
- входное напряжение (рекомендуемое) 7-12 В;
- входное напряжение (предельное) 6-20 В;
- цифровой ввод-вывод 14 линии (6 из них = ШИМ);
- аналоговый ввод 6 линий;
- постоянный ток на линиях ввода-вывода 40 мА;
- постоянный ток на линии 3,3В 50 мА;
- Flash-память 32кб, 0,5 кб из них использованы для загрузчика;
- SRAM-память 2кб;
- EEPROM-память 1кб;

– тактовая частота 16 МГц.

Arduino UNO может получать питание через подключение USB или от внешнего источника питания. Источник питания выбирается автоматически.

Внешнее питание (не USB) может подаваться через преобразователь напряжения AC/DC (блок питания) или аккумуляторной батареей. Преобразователь напряжения подключается посредством разъема 2,1 мм с центральным положительным полюсом. Провода от батареи подключаются к выводам Gnd и Vin разъема питания.

Платформа может работать при внешнем питании от 6 В до 20 В. При напряжении питания ниже 7 В, вывод 5V может выдавать менее 5 В, при этом платформа может работать нестабильно. При использовании напряжения выше 12 В регулятор напряжения может перегреться и повредить плату. Рекомендуемый диапазон от 7 В до 12 В.

Выводы питания:

– VIN. Вход используется для подачи питания от внешнего источника (в отсутствие 5 В от разъема USB или другого регулируемого источника питания). Подача напряжения питания происходит через данный вывод.

– 5V. Регулируемый источник напряжения, используемый для питания микроконтроллера и компонентов на плате. Питание может подаваться от вывода VIN через регулятор напряжения, или от разъема USB, или другого регулируемого источника напряжения 5 В.

– 3V3. Напряжение на выводе 3,3 В генерируемое встроенным регулятором на плате. Максимальное потребление тока 50 мА.

– GND. Выводы заземления.

Микроконтроллер ATmega328 располагает 32 кБ флэш памяти, из которых 0,5 кБ используется для хранения загрузчика, а также 2 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM.

Каждый из 14 цифровых выводов Arduino UNO может настроен как вход или выход, используя функции pinMode(), digitalWrite() и digitalRead(). Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор (по

умолчанию отключен) 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА.

На платформе Arduino UNO установлены 6 аналоговых входов (обозначенных как А0..А5), каждый разрешением 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения). Стандартно выводы имеют диапазон измерения до 5 В относительно земли, тем не менее имеется возможность изменить верхний предел посредством вывода AREF и функции analogReference().

На платформе Arduino UNO установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами. ATmega328 поддерживают последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Установленная на плате микросхема ATmega8U2 направляет данный интерфейс через USB, программы на стороне компьютера "общаются" с платой через виртуальный COM порт. Прошивка ATmega8U2 использует стандартные драйвера USB COM, никаких сторонних драйверов не требуется, но на Windows для подключения потребуется файл ArduinoUNO.inf. Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе. Светодиоды RX и TX на платформе будут мигать при передаче данных через микросхему FTDI или USB подключение (но не при использовании последовательной передачи через выводы 0 и 1).

В Arduino UNO встроен самовосстанавливающийся предохранитель (автомат), защищающий порт USB компьютера от токов короткого замыкания и сверхтоков. Хотя практически все компьютеры имеют подобную защиту, тем не менее, данный предохранитель обеспечивает дополнительный барьер. Предохранитель срабатывает при прохождении тока более 500 мА через USB порт и размыкает цепь до тех пока нормальные значения токов не будут восстановлены.

Длина и ширина печатной платы UNO составляют 6,9 и 5,3 см соответственно. Разъем USB и силовой разъем выходят за границы данных размеров. Четыре отверстия в плате позволяют закрепить ее на поверхности. Расстояние между цифровыми выводами 7 и 8 равняется 0,4 см хотя между другими выводами оно составляет 0,25 см.

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		34

Для реализации удаленной версии системы мониторинга и контроля температуры необходим микроконтроллер, который имеет интерфейс для подключения к сети Интернет. Существуют проводные и беспроводные платформы с такой функцией. Поэтому для решения задачи легкости в интеграции системы выбор пал на системы с технологией беспроводного подключения Wi-Fi.

В качестве платформы для удаленной системы был выбран микроконтроллер ESP8266.

ESP8266 – микроконтроллер китайского производителя Espressif с интерфейсом Wi-Fi. Помимо Wi-Fi микроконтроллер отличается возможностью исполнять программы из внешней флэш-памяти с интерфейсом SPI [4, 42].

Пресс-релизы компании показали, как производитель гордится степенью интеграции элементов своего чипа. Так и есть, эта микросхема состоит всего лишь из семи элементов. Плата модуля практически пуста, компонентов – ничтожное количество. Все это естественно будет сказываться на стоимости конечных устройств в сторону удешевления.

Существует достаточно большое количество разновидностей микроконтроллера ESP8266, которые отличаются характеристиками, количеством входов и выходов, а также типом используемой антенны. По большому счету ESP8266 нужно считать именно микроконтроллером, что будет понятно исходя из характеристик, представленных для одного из них ниже.

Микроконтроллер не имеет на кристалле пользовательской энергонезависимой памяти. Исполнение программы ведется из внешней SPI ПЗУ путем динамической подгрузки требуемых участков программы в кэш инструкций. Подгрузка идет аппаратно, прозрачно для разработчика. Поддерживается до 16 МБ внешней памяти программ. Возможен Standard, Dual или Quad SPI интерфейс [47, 57].

Управляющее устройство общается с ESP8266 через UART (Serial-порт) с помощью набора AT-команд. Поэтому работа с модулем тривиальна для любой платы с UART-интерфейсом.

Далее будет рассмотрен микроконтроллер ESP8266 01, который представлен на рисунке 6.

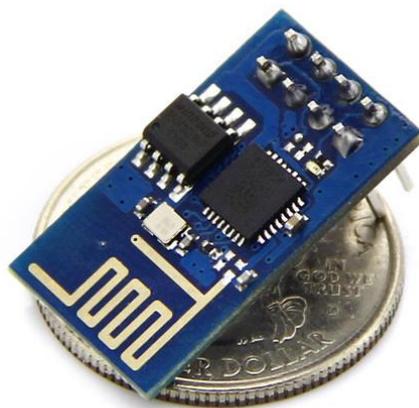


Рисунок 6 – Микроконтроллер ESP8266 01

Технические характеристики:

- процессор: одноядерный Tensilica L106 частотой до 160 MHz;
- поддерживаемые стандарты WI-FI: 802.11 b / g / n;
- поддерживаемые типы шифрования: WEP, WPA, WPA2;
- поддерживаемые режимы работы: Клиент(STA), Точка доступа(AP), Клиент+Точка доступа(STA+AP);
- напряжение питания 1,7..3,6 В;
- потребляемый ток: до 215mA в зависимости от режима работы;
- количество GPIO: 16 (фактически до 11). Доступно на модулях: ESP-01 - 4, ESP-03 - 7+1, включая UART. Существуют и другие варианты модулей;
- интерфейсы: 1 ADC, I2C, UART, SPI, PWM;
- внешняя Flash память может быть установлена от 512 кб до 4 мб;
- RAM данных 80 кб, RAM инструкций - 64 кб.

Для снятия значений температуры и влажности для обоих вариантов систем потребовался соответствующий датчик DHT22, выполненный в композитном корпусе и подключенный к цифровому входу микроконтроллеров [24].

Датчики DHT состоят из двух основных частей: емкостный датчик влажности и термистор. Также в корпусе установлен чип для преобразования аналогового сигнала в цифровой.

Существуют две версии сенсоров DHT. Внешний вид корпуса почти не от-

личается в обеих версиях. Распиновка тоже одинаковая. Отличия заключаются в характеристиках. По этой причине был выбран именно датчик DHT22, характеристики которого представлены ниже.

Технические параметры:

- питание от 3 до 5 В;
- максимально потребляемый ток – 2,5мА при преобразовании (при запросе данных);
- рассчитан на измерение уровня влажности в диапазоне от 0 % до 100 % (при этом точность измерений находится в диапазоне 2 % - 5 %);
- измеряет температуру в диапазоне от -40 до 125 градусов с точностью плюс-минус 0,5 градусов по Цельсию;
- частота измерений до 0,5 Гц (одно измерение за 2 секунды);
- размер корпуса: 15,1 мм x 25 мм x 7.7 мм.

На рисунке 7 представлен данный датчик.



Рисунок 7 – Датчик температуры и влажности

Так как микроконтроллер ESP8266 01 в своей работе требует строго 3,3 В, для подключения питания версии, работающей удаленно был использован стабилизатор AMS1117, представленный на рисунке ниже.

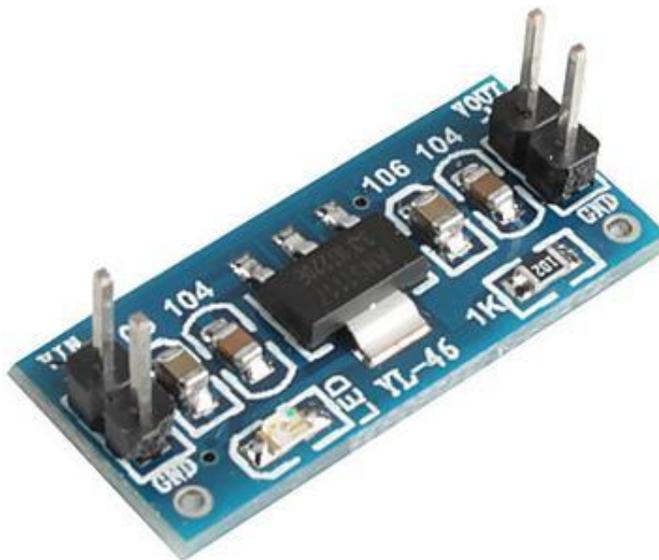


Рисунок 8 – Стабилизатор напряжения

Технические характеристики:

- максимальный выходной ток – 1 А;
- максимальное входное напряжение – 18 В;
- температурный диапазон работы $T = -20 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$;
- максимальная рассеиваемая мощность для корпуса SOT-223 – $P_{\text{max}} = 0,8$ Вт;
- максимальная рассеиваемая мощность для корпуса TO-252 – $P_{\text{max}} = 1,5$ Вт;
- тепловое сопротивление кристалл-корпус для корпуса SOT-223 – $R_t = 15^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- тепловое сопротивление кристалл-корпус для корпуса TO-252 – $R_t = 3^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- выключение при перегреве кристалла – $T = 155 \text{ }^\circ\text{C}$;
- тепловой гистерезис – $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Так как ESP8266 01 не имеет непосредственного интерфейса для подключения через USB к компьютеру для записи программы(прошивки) понадобился специальный конвертер USB TTL (преобразование данных, которые передаются по параллельной шине в данные, которые передаются по последовательной шине, для передачи по одно проводной цифровой линии).

USB-UART конвертер используется для программирования микросхем и микроконтроллеров, поддерживающих уровни сигналов TTL (0-5В). Практическое применение: прошивка различных устройств на микроконтроллерах, замена интерфейсу RS232, замена интерфейсу RS485, подключение к компьютеру персональных электронных устройств [11].

USB-UART конвертер имеет разъемы интерфейсы и коннекторы для подключения к компьютеру и для подключения программируемых устройств:

– для подключения устройства к компьютеру используется стандартный USB интерфейс. Обмен данными между компьютером и конвертером будет проходить по спецификации USB 2.0;

– для подключения программируемых устройств используется 6-пиновый штыревой разъем и могут использоваться коннекторы, которые есть на корпусе конвертера.

Ниже представлен выбранный конвертер модели CNT-003.



Рисунок 7 – Конвертер USB TTL

Технические характеристики:

- модель: CNT-003;
- микросхема: производителя Silicon Labs SIL 2104;
- буфер обмена: 576 байт;
- поддерживается операционными системами: Windows 7/Vista/XP /Server 2003 /2000, Mac OS-X, Linux;

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

- интерфейс подключения к компьютеру: USB 2.0;
- напряжение питания: 5 В (от USB порта компьютера);
- кабель: 5 проводниковый кабель с коннекторами типа BLS-1;
- рабочая температура: -40 °С до +85 °С;
- размеры: 52 x 17 x 6 мм;
- вес: 7 г.

2.2 Схемы сборки аппаратной части

Сборка систем начата с версии для локальной работы. Необходимые компоненты описаны выше, поэтому описываться будет процесс непосредственной сборки. Схема подключения представлена на рисунке 8.

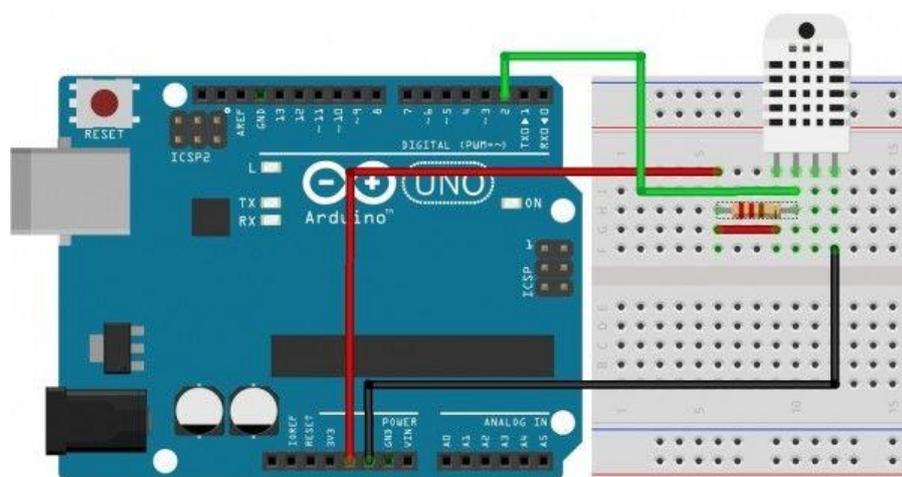


Рисунок 8 – Схема сборки локальной системы

Для подключения к микроконтроллеру использовалась макетная плата, которая предоставляет возможности соединения компонентов без спайки [58].

Непосредственное подключение датчика DHT22 к Arduino UNO достаточно простое. На сенсоре имеется 4 коннектора:

- питание (VCC) от 3 до 5 В;
- вывод данных;
- не подключается;
- земля.

Коннектор 3 игнорируется, он не подключается. Желательно подключить подтягивающий резистор на 10 кОм между питанием и сигналом. На Arduino UNO

имеются встроенные резисторы, но их номинал 100кОм слишком велик и не подойдет для сенсора [62].

Далее были подключены соответствующие коннекторы к микроконтроллеру и проверено отсутствие короткого замыкания. На этом этап сборки локальной системы закончен.

Забегая немного вперед, в качестве компилятора и загрузчика программы на микроконтроллеры была выбрана Arduino IDE.

Если для загрузки программы на Arduino UNO не требуется никаких дополнительных компонентов и схем подключения, то для ESP8266 01, как уже было замечено в предыдущем пункте, требуется специальный конвертер USB TTL и соответственно схема подключения непосредственно для загрузки программы с компилятора [51]. Поэтому перед описанием модели удаленной системы, будет приведена схема подключения микроконтроллера к конвертеру.

Для подключения необходимых компонентов использовалась также макетная плата. Ниже представлена схема подключения.

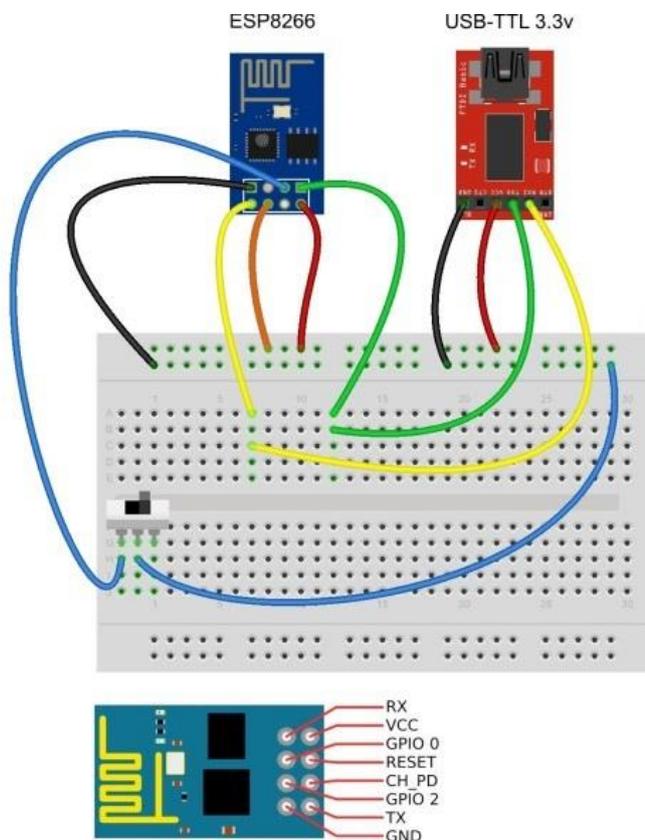


Рисунок 9 – Схема подключения микроконтроллера к USB TTL

Описание подключенных коннекторов выглядит следующим образом:

- красный: питание 3,3 В;
- черный: GND;
- желтый: на стороне ESP8266 – RX, на стороне USB-TTL – TX;
- зеленый: на стороне ESP8266 – TX, на стороне USB-TTL – RX;
- оранжевый: CH_PD (CHIP ENABLE) должен быть всегда подтянут к питанию;
- синий: GPIO0 подключен через выключатель к земле для включения режима загрузки программы микроконтроллера. Для обычного старта модуля GPIO0 можно оставить не подключенным.

Для старта микроконтроллера необходимо разорвать цепь GPIO0 – GND, после чего можно подавать питание (причем именно в таком порядке: сначала разрыв цепи с GPIO0, затем подача питания на VCC и CH_PD). На этом описание подключения схемы для загрузки программы закончено.

Далее будет описываться схема сборки удаленной системы, компоненты которой описаны в предыдущем пункте. При этом необходимо сразу отметить то, что в качестве источника питания 3,3 В выступает стабилизатор напряжения с подключенными алкалиновыми батареями типа АА. Ниже на рисунке 10.

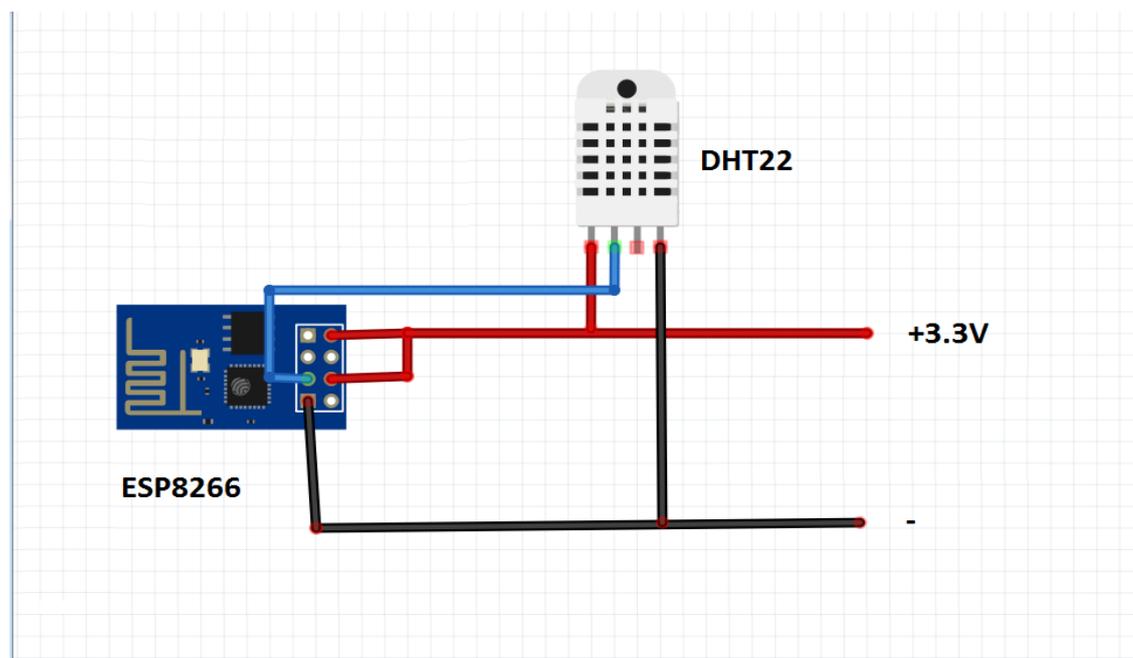


Рисунок 10 – Схема сборки удаленной системы

Описание подключенных коннекторов:

- красный: питание 3,3 В;
- синий: GPIO2 микроконтроллера и вывод данных датчика;
- черный: GND.

При соединении компонентов также использовалась макетная плата. Для это был изготовлен специальный адаптер для подключения микроконтроллера.

После подключения всех компонентов и загрузки программы на микроконтроллер система готова к работе – этап сборки удаленной системы завершен.

2.3 Выводы

В ходе исследования в рамках магистерской диссертации было выяснено, что оптимальным вариантом, который бы подразумевал решение поставленных задач, будет изготовление систем с использованием микроконтроллеров.

Были изучены возможные варианты и осуществлен выбор двух микроконтроллеров: для локальной системы – Arduino UNO, для удаленной системы – ESP8266 01. При этом были приобретены дополнительные компоненты и датчик температуры и влажности DHT22, который сочетает в себе точность и низкую стоимость.

На данном этапе можно с уверенностью сказать, что задачи проектирования систем, которые сочетают в себе небольшие габариты и низкую стоимость полностью решены. А именно себестоимость локальной системы составляет около 600 рублей, а удаленной – около 800 рублей.

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		43

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Анализ программных средств для решения задачи

Первой и необходимой задачей разработки программного обеспечения для системы мониторинга и контроля температуры и влажности является написание программ для микроконтроллеров.

Все языки, используемые для написания программ к микроконтроллерам, являются объектно-ориентированными, поэтому написание хорошей программы (скетча или так называемой «прошивки») можно считать достаточно простым вопросом для продвинутого программиста.

На сегодняшний день существует достаточно большой выбор компиляторов, но самым удобным и многофункциональным является Arduino IDE.

Arduino IDE – это среда разработки, созданная с целью написания и загрузки программ на микроконтроллеры Arduino и не только. Она состоит из встроенного текстового редактора программного кода, области сообщений, окна вывода текста(консоли), панели инструментов с кнопками часто используемых команд и нескольких меню. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino.

Программа, написанная в среде разработки Arduino IDE, называется скетч [46, 48]. Скетч пишется в текстовом редакторе, имеющем инструменты вырезки/вставки, поиска/замены текста. Во время сохранения и экспорта проекта в области сообщений появляются пояснения, также могут отображаться возникшие ошибки. Окно вывода текста(консоль) показывает сообщения Arduino, включающие полные отчеты об ошибках и другую информацию. Кнопки панели инструментов позволяют проверить и записать программу, создать, открыть и сохранить скетч, открыть мониторинг последовательной шины.

Arduino IDE для ESP8266 поддерживает все существующие на сегодняшний день модули ESP8266, включая модули с флэш большего, чем 512 кб объема. Поддерживаются модули NodeMCU (всех версий), Olimex-MOD-WiFi-ESP8266.

Так как отмечалось ранее, Arduino IDE не требует никаких дополнительных

					<i>ВКР.155521.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		44

библиотек для работы с одноименным микроконтроллером. Все необходимые библиотеки имеются сразу после установки компилятора.

При этом для того чтобы компилятор Arduino IDE смог работать с микроконтроллером ESP8266 необходимо загрузить соответствующую библиотеку и выбрать платформу в панели инструментов, как показано на рисунке ниже.

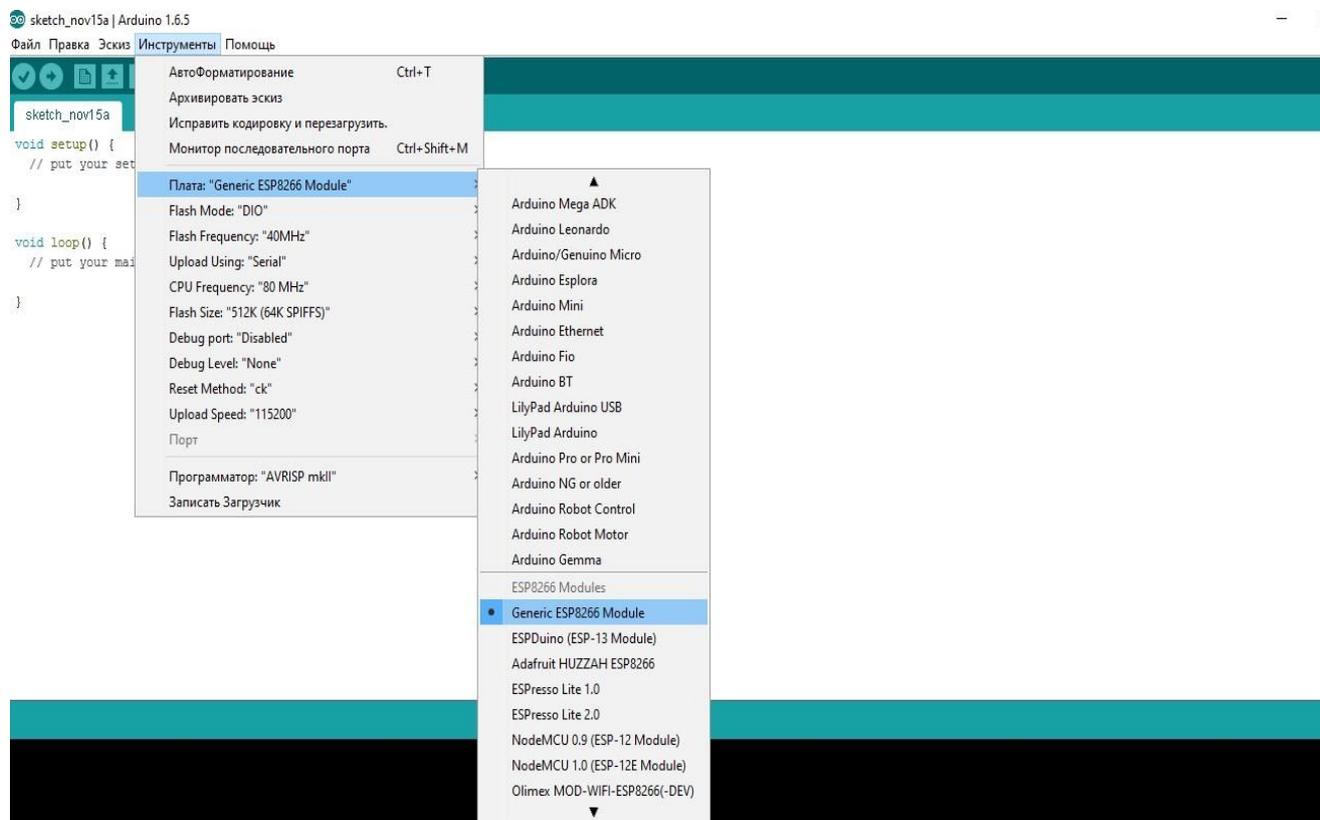


Рисунок 11 – Выбор платы в среде разработки Arduino IDE

После того как программа написана, ее необходимо загрузить на микроконтроллер нажатием соответствующей кнопки в компиляторе Arduino IDE.

Но возвращаясь к особенностям каждого из выбранного микроконтроллера, нужно учесть, что для загрузки программы на ESP8266 01 его необходимо подключить к последовательному порту используя специальный адаптер USB TTL. Схема сборки представлена в предыдущей главе.

В качестве средства для разработки приложения была выбрана Microsoft Visual Studio 2015.

Microsoft Visual Studio 2015 – это набор инструментов для создания программного обеспечения: от планирования до разработки пользовательского ин-

терфейса, написания кода, тестирования, отладки, анализа качества кода и производительности, развертывания в средах клиентов и сбора данных телеметрии по использованию. Эти инструменты предназначены для максимально эффективной совместной работы; все они доступны в интегрированной среде разработки (IDE) Visual Studio.

Visual Studio можно использовать для создания различных типов приложений, от простых приложений для магазина и игр для мобильных клиентов до больших и сложных систем, обслуживающих предприятия и центры обработки данных. Возможно создание:

- приложений и игр, которые выполняются не только на платформе Windows, но и на Android и iOS;
- веб-сайтов и веб-служб на основе ASP.NET, JQuery, AngularJS и других популярных платформ;
- приложений для самых разных платформ и устройств, включая, но не ограничиваясь: Office, Sharepoint, Hololens, Kinect и «Интернета вещей»;
- игр и графических приложений для разных устройств Windows, включая Xbox, с поддержкой DirectX.

По умолчанию Visual Studio обеспечивает поддержку C#, C и C++, JavaScript, F# и Visual Basic. Visual Studio хорошо работает и интегрируется со сторонними приложениями, например Unity и Apache Cordova, с помощью расширений Набор средств Visual Studio для Unity и инструментов Visual Studio для Apache Cordova соответственно. Также возможно расширение Visual Studio для решения собственных задач.

Microsoft Visual Studio 2015 полностью подходит для разработки приложений, работающих с микроконтроллерами. Для этого необходимо установить уже имеющиеся библиотеки для подключения и взаимодействия с последовательными портами [18, 45].

Для реализации системы мониторинга и контроля, работающей удаленно, необходимо создание клиент-серверной части.

Существует множество способов разработки приложений для решения дан-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		46

ной задачи, которые потребуют значительных финансовых и временных затрат. Однако после качественного анализа имеющихся способов реализации клиент-серверной части для микроконтроллеров был найден зарубежный сервис, предоставляющий любому разработчику возможность подключить то или иное устройство посредством интернет соединения.

Easy IoT – это программно-аппаратный комплекс от компании Elliptic Labs для различных устройств «Интернета вещей.» Суть проста. Благодаря ультразвуковым датчикам, некоторые устройства могут получить значительные преимущества. К примеру, техника будет реагировать на движения, появление в комнате пользователя, активировав соответствующий сценарий (включение или выключение света, какого-либо прибора и прочее). Все это уже реализовано в готовых устройствах, просто на основе иных технологий. Перспективы Easy IoT достаточно велики, так как ультразвуковые датчики имеют определенные преимущества перед оптическими (проницаемость волн, направленность и так далее).

Благодаря данному сервису рядовые разработчики могут создавать системы автоматизации как для дома, так и для более глобальных целей. Примерами могут являться: передовая система сигнализации, системы дистанционного орошения растений, дистанционный контроль солнечных батарей, SMS контроль обогревателей, открывания дверей или даже системы управления технологическими процессами. Все это возможно с использованием EasyIoT.

EasyIoT framework II architecture



Рисунок 12 – Сервис EasyIoT

Сервис работает круглые сутки без перебоев, что можно считать безусловным преимуществом для разработки больших и надежных систем.

3.2 Алгоритмы работы

Для реализации систем автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности были разработаны алгоритмы работы каждой из систем – локальной и удаленной. Алгоритмы представлены на рисунках 12 и 13.

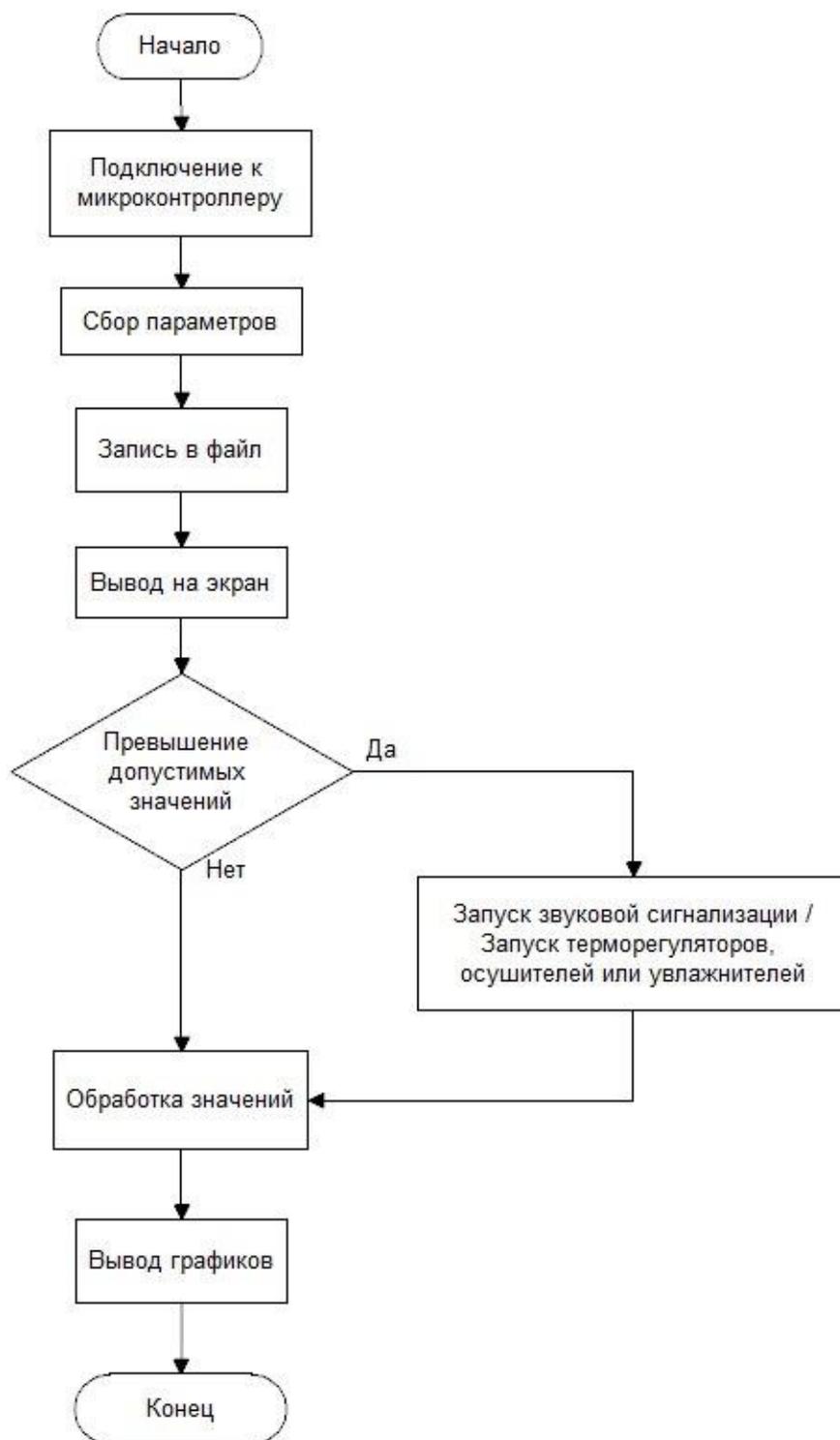


Рисунок 12 – Алгоритм работы локальной системы

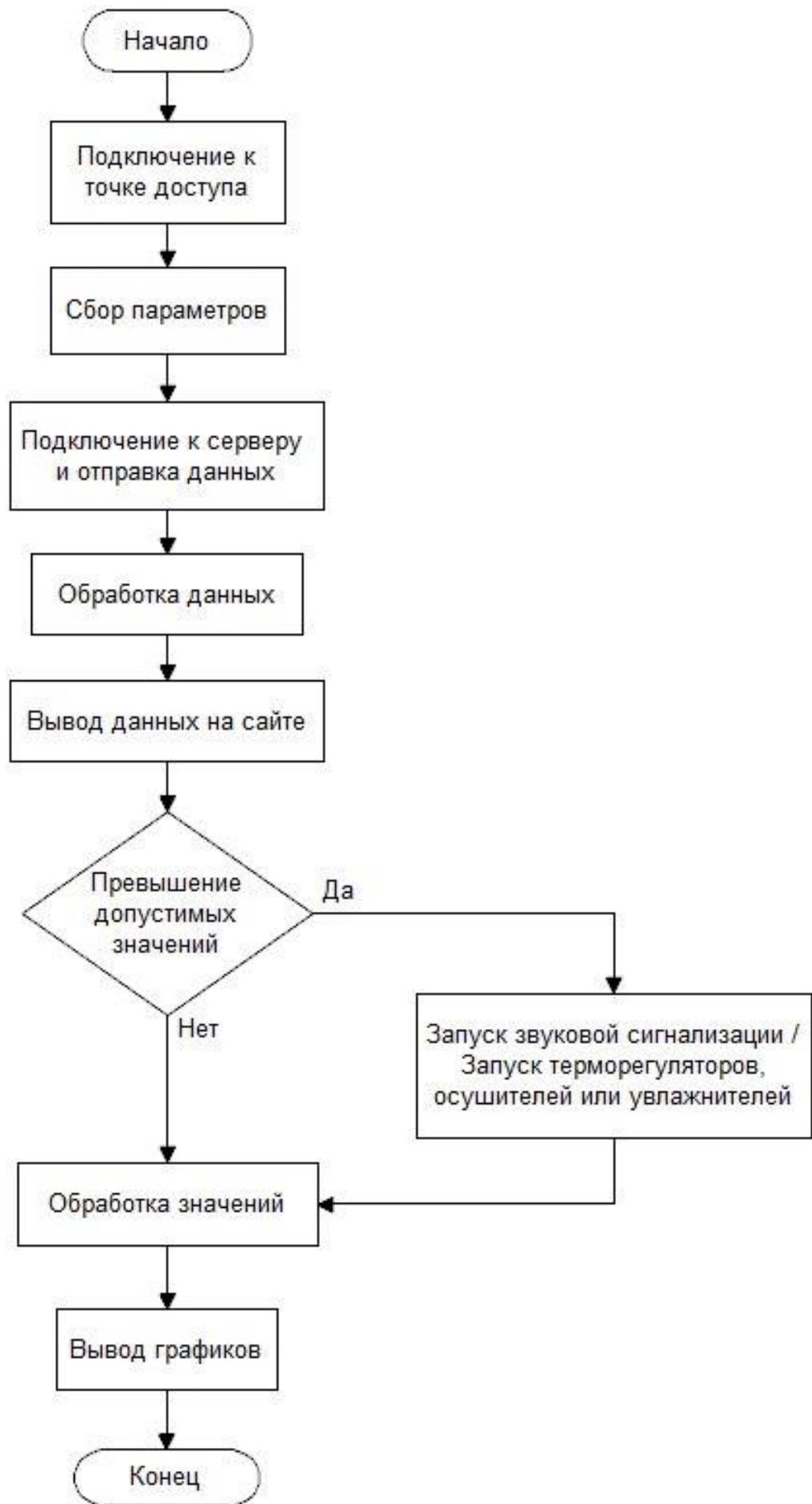


Рисунок 13 – Алгоритм работы удаленной системы

3.3 Разработка системы, работающей локально

Как описывалось ранее, разработка программы для систем начинается с программирования микроконтроллеров [25, 36].

Языком программирования в выбранном компиляторе выступает Processing. Этот язык схож с C и C++. Поэтому программирование не потребовало кардинально новых знаний и являлось не трудоемким процессом [16].

Далее будут описаны важные функции реализующие основной процессы работы микроконтроллера. Полный листинг программного кода микроконтроллера представлен в приложении А1.

`#include "DHT.h"` – подключение библиотеки для работы с датчиком температуры и влажности. Данная библиотека является стандартной и не претерпела каких-либо изменений.

`Serial.begin(9600)` – настройка скорости работы порта. Является важным моментом при передачи данных между компьютером и микроконтроллером.

`float h = dht.readHumidity()` – считывание влажности.

`float t = dht.readTemperature()` – считывание температуры.

`digitalWrite(3, HIGH)` – подача напряжения на третий цифровой выход для запуска сигнализации, оповещающей о превышении допустимых норм температуры/влажности.

`Serial.print(h, 1)/ Serial.print(t, 1)` – отправка данных через последовательный порт, для последующего считывания через компьютер.

После загрузки данной программы на микроконтроллер он готов к работе. Данные можно просмотреть в Arduino IDE выбрав функцию «Монитор последовательного порта».

Для более удобного просмотра данных и возможности формирования графиков температуры и влажности была написана программа в среде Microsoft Visual Studio 2015.

Для написания программного кода приложения, работающего под ОС Windows выбран язык программирования C#.

Ниже будут приведены отличительные черты программного исполнения для

более точного понимания функционирования системы. Полный листинг приведен в приложении А2.

`using System.IO.Ports` – подключение библиотек, для работы с последовательными портами. Без данной библиотеки будет невозможным просмотр данных с микроконтроллера.

`new SerialPort("COM3", 9600, Parity.None, 8, StopBits.One)` – создание экземпляра, указывающего на последовательный порт "COM3", работающий на скорости 9600.

`port.Open()` – открытие последовательного порта.

`port.ReadLine()` – считывание данных с последовательного порта.

`port.Close()` – закрытие порта.

`streamReader.ReadLine()` – функция рисования для создания графиков.

Данные после выключения программы хранятся в отдельном файле. Поэтому при необходимости просмотра либо анализа предыдущих данных, достаточно открыть этот файл либо запустить просмотр графиков из приложения.

Далее будет описана разработанная система в виде руководства пользователя.

Система для локального автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности представляет собой компактное устройство, присоединяющееся к компьютеру посредством USB интерфейса, а также приложения работающего под управлением ОС Windows.

После подсоединения устройства необходимо запустить файл «Weather.exe». На экране появится окно, представленное на рисунке 14. На данном окне выводятся текущие значения температуры и влажности. Также здесь присутствует кнопка «Меню» с двумя пунктами: «Вывод графиков» и «Выход». При этом кнопка «Вывод графиков» имеет два подпункта: «График температуры» и «График влажности». При нажатии на данные кнопки на экране появятся окна с соответствующими графиками, окна которых показаны на рисунках 15 и 16.

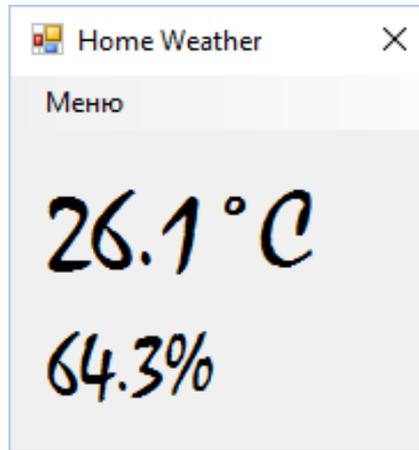


Рисунок 14 – Окно текущих значений

Графики в окнах просмотра графиков возможно детально просматривать, увеличивать и уменьшать, что позволяет повысить комфортность использования.

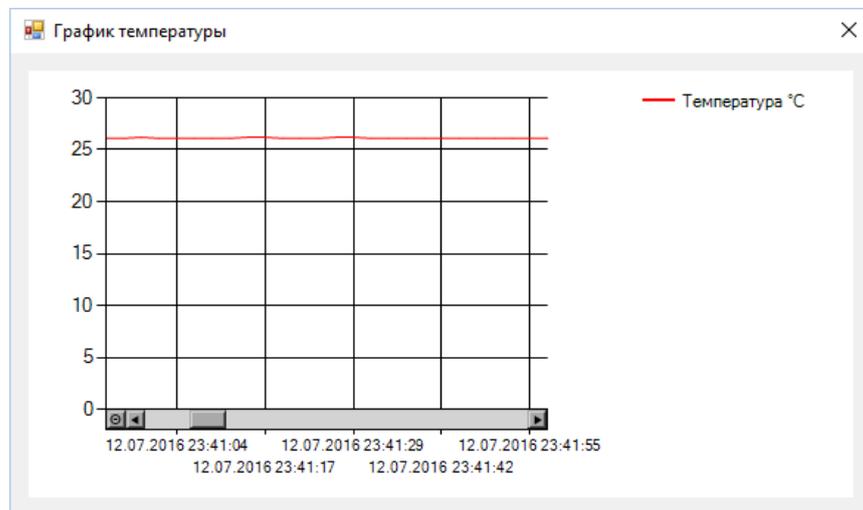


Рисунок 15 – График температуры

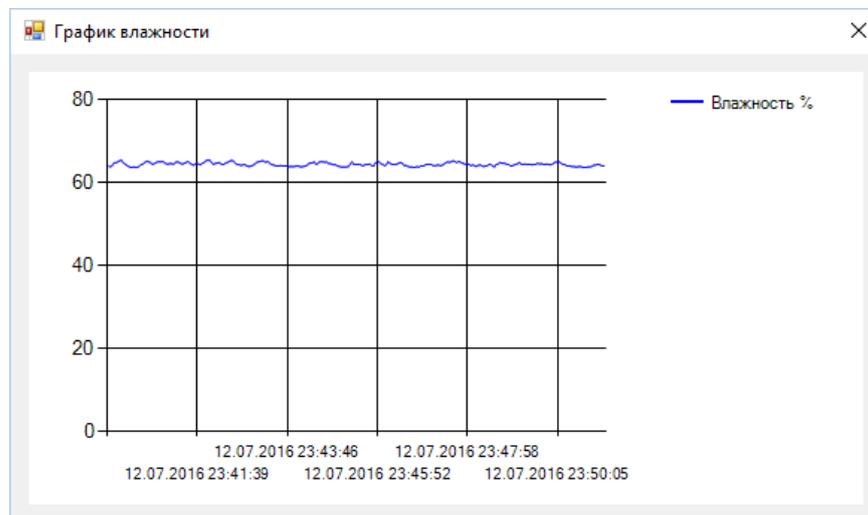


Рисунок 16 – График влажности

При нажатии кнопки «Выход» будет произведен выход из программы и данные собранные во время работы будут очищены (при потребности возможен фоновый режим сбора данных).

В данной версии предусмотрена звуковая сигнализация пре превышении допустимых норм температуры и влажности. Она представляет прерывистый сигнал, который повторяется до тех пор, пока значения температуры и влажности не будут удовлетворять заданным значениям.

3.4 Разработка системы, работающей удаленно

Также, как и для разработки локальной системы в выбранном компиляторе используется язык программирования Processing. Ниже будут приведены основные функции отвечающие за функционал системы. Полный листинг программы представлен в приложении А3.

Необходимо отметить, что для загрузки программы на микроконтроллер ESP8266 01 потребовалась дополнительная схема сборки, описанная во второй главе.

`#include <ESP8266WiFi.h>` – подключение библиотеки для работы с выбранным микроконтроллером. Библиотека была изменена и дополнена инструкциями для работы с выбранным интернет соединением и использованным протоколом подключения.

`#include <OneWire.h>` – библиотека для связи с сервисом EasyIoT.

`#include "DHT.h"` – измененная библиотека подключения датчика температуры и влажности. Были дополнены инструкции по работе с выбранным микроконтроллером, а также выставлены тайминги для передачи данных.

`#define AP_SSID` – глобальная переменная точки доступа.

`#define AP_PASSWORD` – глобальная переменная пароля для точки доступа.

`#define EIOT_CLOUD_TEMP_INSTANCE_PARAM_ID` – глобальная переменная, по идентификатору которой передаются данные о температуры на сервер. Получение уникальных идентификаторов будет представлено после описания основных функций.

`#define EIOT_CLOUD_HUM_INSTANCE_PARAM_ID` – глобальная пере-

менная, по идентификатору которой передаются данные о влажности на сервер.

`Serial.begin(115200)` – настройка скорости последовательного порта.

`wifiConnect()` – нестандартная функция для подключения к точки доступа.

`dht.setup(2)` – нестандартная функция подключения датчика.

`WiFi.begin(AP_SSID, AP_PASSWORD)` – функция, которая передает значения точки доступа.

`client.connect(EIOT_CLOUD_ADDRESS, EIOT_CLOUD_PORT)` – функция подключения клиентской части.

Для работы с сервисом EasyIoT на нем необходимо создать учетную запись и настроить модуль, в который будут передаваться значения. Для этого необходимо зайти на сайт и зарегистрироваться. После чего зайти под своей учетной записью, как представлено на рисунке ниже.

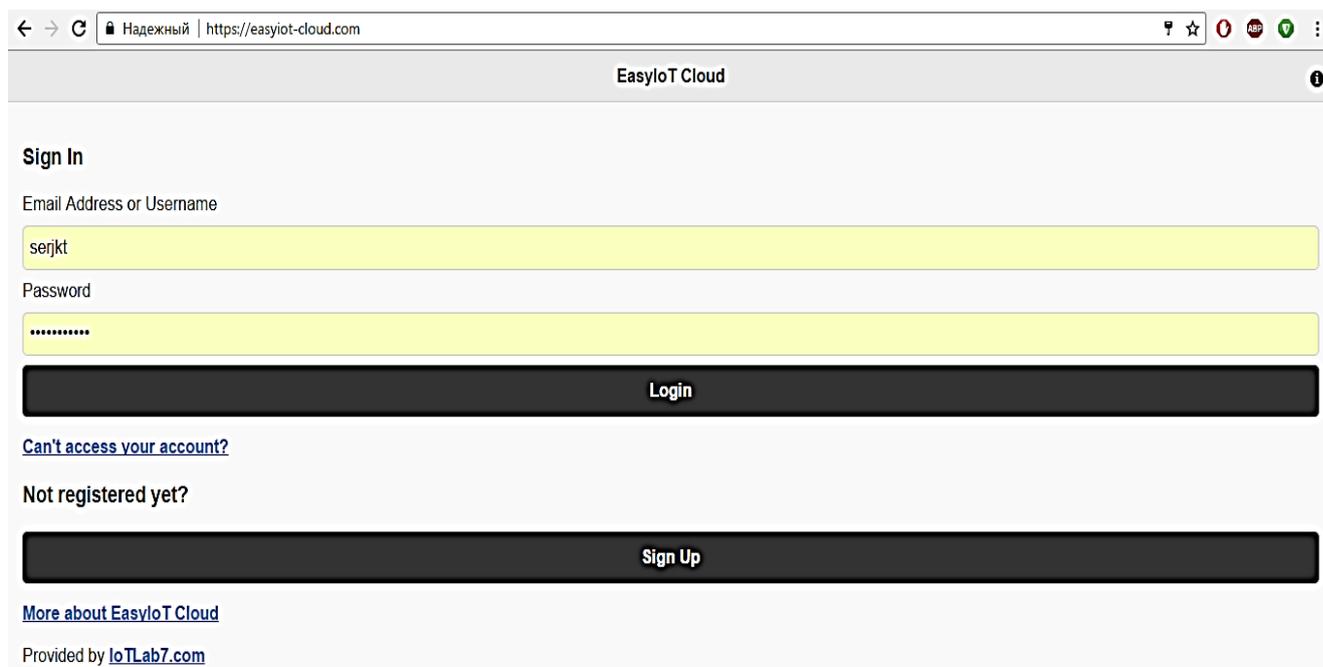


Рисунок 17 – Вход в сервис EasyIoT

После успешного входа необходимо зайти в меню конфигурации(Configure), далее в подменю модулей(Modules). При этом на экране появится пустой список модулей и две кнопки: кнопка возврата в предыдущее меню(Back) и кнопка добавление нового модуля(Add module).

После перехода в меню добавление нового модуля на экране появится окно, представленное ниже.

EasyIoT Cloud serjkt

Module Id

Name

Module Type

Parameters

Sensor.Parameter1

Back
 Save module
 Delete module
 Add Parameter

Рисунок 18 – Создание нового модуля

Для работы микроконтроллера и передачи данных на сервер, сервису необходимо идентифицировать датчики и входные данные с них [27, 29]. Для этого сервис предоставляет уникальные идентификаторы, по которым устройство призывает конкретные значения. Для этого необходимо нажать на кнопку добавления параметра в правом нижнем углу, после чего произойдет создание параметра и появится окно настройки, представленное на рисунке 19.

EasyIoT Cloud serjkt

Short ParameterId	<input type="text" value="0"/>
Instanceld/ParameterId/	<input type="text" value="577e3bf7c943a0253e37dce9/cwLzodWdU1HuROFE"/>
Is custom MQTT topic	<input type="checkbox"/>
MQTT topic	<input type="text" value="/1/Sensor.Parameter1"/>
Name	<input type="text" value="Sensor.Parameter1"/>
Description	<input type="text" value="Температура"/>
Value	<input type="text" value="24.50"/>

Рисунок 19 – Окно настройки параметра

После настройки необходимого параметра, а именно надписи и формата значений, необходимо сохранить изменения соответствующей кнопкой. После этого заполнится вторая строка, показанная на рисунке 19. В данной строке находится уникальный идентификатор, который необходимо указать в программном коде, как описывалось ранее.

Для работы системы необходима настройка двух параметров: влажности и температуры. После чего полученные идентификаторы нужно указать как глобальные переменные.

На данном этапе настройка сервиса завершена и система готова к работе.

Далее будет описана работа удаленной автоматизированной системы для мониторинга и контроля температуры и влажности в виде руководства пользователя.

Система представляет собой миниатюрное устройство, имеющее в своем корпусе одно реле для включения и отсека для четырех батарей типа АА.

Для запуска системы необходимо переключить реле в рабочее положение. После этого система подключается к заданной точке доступа WiFi и начинает передавать данные на сервер.

Для просмотра данных необходимо зайти на сервер EasyIoT с любого устройства (смартфона или компьютера) по электронному адресу <https://easyiot-cloud.com/>.

Далее необходимо выполнить вход под зарегистрированной учетной записью, как показано на рисунке 17. После чего на экране появится окно с данными модуля мониторинга температуры и влажности, как показано на рисунке 20.

В данное окно выводятся значения температуры влажности и время с датой их обновления.

Также в данном окне имеет кнопка для просмотра подробных графиков в нескольких режимах: за день, за неделю, за месяц и все данные снятые за период функционирования системы.

После нажатия на соответствующую кнопку будет произведен переход в окно просмотра графиков, которое представлено на рисунке 21.

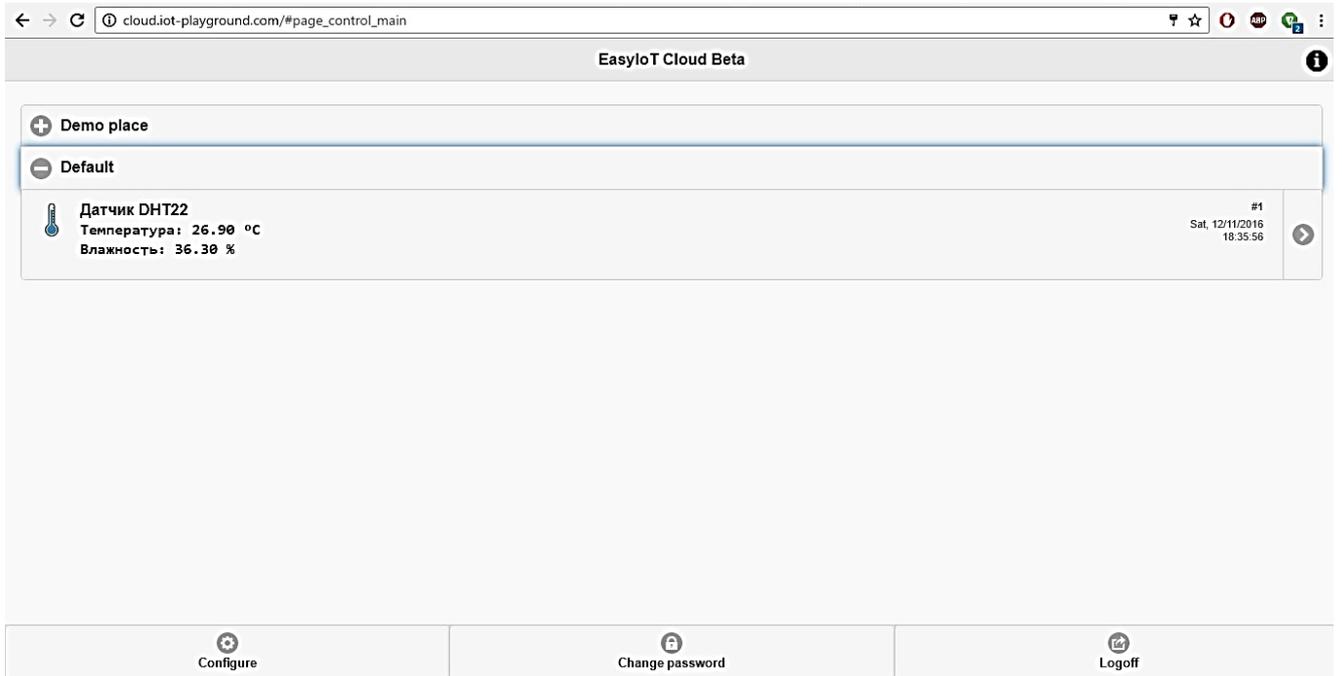


Рисунок 20 – Просмотр данных с сервиса EasyIoT

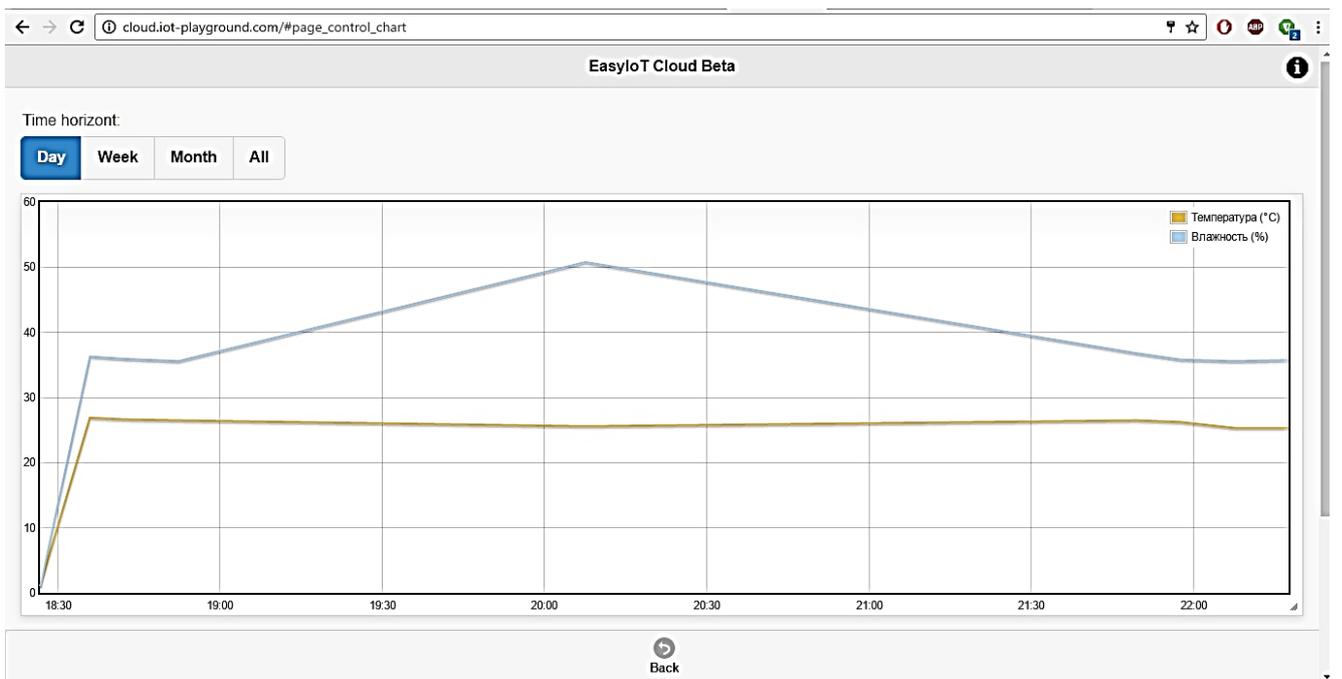


Рисунок 21 – Окно просмотра графиков

Также возможно добавление модулей для автоматического или автоматизированного регулирования температуры и влажности. Сервис EasyIoT позволяет прописать инструкции, по которым будут работать модули регулирования.

3.5 Данные тестирования систем

Тестирование локальной системы мониторинга и контроля температуры и

влажности показало следующие результаты:

- бесперебойная работа системы на протяжении всего эксперимента;
- точность системы, обусловленная выбранным датчиком;
- задержка отображения передаваемых данных около 3 секунд.

Тестирование же удаленной системы показало:

- бесперебойная работа системы на протяжении 14 дней, после чего требуется замена/подзарядка батарей;
- точность системы, обусловленная выбранным датчиком;
- задержка отображения данных на сервере около 20 секунд.

3.6 Выводы

В ходе исследования были найдены оптимальные решения в выборе программных средств для написания программного кода для микроконтроллеров, а также среда разработки приложений под управлением ОС Windows. Помимо этого, был изучен сервис для реализации клиент-серверной части EasyIoT.

Были разработаны алгоритмы работы для локальной и удаленной систем.

Написан программный код для работы обоих микроконтроллеров с учетом поставленной задачи для каждого из них.

Разработана программа для работы локальной системы мониторинга и контроля температуры и влажности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания дипломной работы было выявлено, что в большинстве случаев не все факторы учитываются при производственной деятельности, а именно микроклимат.

Выполнен анализ, который показал, что наиболее значимыми с практической точки зрения являются такие параметры как температура и относительная влажность воздуха.

Далее была произведена оценка по нескольким параметрам имеющихся систем мониторинга и контроля температуры и влажности. Были выявлены преимущества и недостатки этих систем. Поставлены задачи по устранению недостатков.

После постановки задач были изучены возможные варианты построения совершенно новой системы и осуществлен выбор двух микроконтроллерных плат: для локальной системы – Arduino UNO, для удаленной системы – ESP8266 01. При этом были приобретены дополнительные компоненты и датчик температуры и влажности DHT22, который сочетает в себе точность и низкую стоимость.

Далее были найдены оптимальные решения в выборе программных средств для написания программного кода для микроконтроллеров, а также среда разработки приложений под управлением ОС Windows. Помимо этого, был изучен сервис для реализации клиент-серверной части EasyIoT.

В результате разработки были получены четыре вида результатов:

5. Спроектированные схемы сборки для локального и удаленного автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности.
6. Алгоритмы работы разработанных систем.
7. Программы, написанные для загрузки на микроконтроллерные платы для корректной работы с датчиком температуры и влажности и передачи данных на локальный компьютер и удаленный сервер.
8. Программа для визуализации данных для локальной системы автоматизированного мониторинга и контроля температуры и влажности.

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		59

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Баранов, В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В.Н. Баранов. – М.: Додэка-XXI, 2006. – 288 с.

2 Барбар, Ю.А. Измерительный комплекс контроля параметров микроклимата / Ю.А. Барбар. – СПб.: Санкт-Петербургский Государственный Технологический Университет, 2004. – 22 с.

3 Беликов, Ю.М. Регулирование температуры воздуха в теплицах с учетом естественной освещенности / Ю.М. Беликов, Н.А. Стеценко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – Вып.12. – С. 22-24.

4 Белов, А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах / А.В. Белов – Москва: ЭКОМ, 2010. – 322 с.

5 Белов, С. В. Охрана окружающей среды: учебник для технических специализированных вузов / С. В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков. – Москва.: Высшая школа, 1991. – 207 с.

6 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений / С.В. Белов. – Москва.: Высшая школа, 2000. – 343 с.

7 Бендат, Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

8 Берлинер, М.А. Измерения влажности / М.А. Берлинер. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.

9 Берлинер, М.А. Оценка погрешностей влагомеров / М.А. Берлинер // Измерительная техника. – 1969. – Вып.4. – С. 65-67.

10 Берлинер, М.А. Электрические методы и приборы для измерения и регулирования влажности / М.А. Берлинер. – Л.: Госэнергоиздат, 1969. – 310 с.

11 Бирюков, С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах / С.А. Бирюков. – М.: Радио и связь, 1990. – 128 с.

12 Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Боро-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		60

дин, Н.М. Недилько – М.: Агропромиздат, 1986. – 386 с.

13 Бродин, В.Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс / В.Б. Бродин, М.И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. – 400 с.

14 Бродин, В.Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В.Б. Бродин, А.В. Калинин – Москва: ЭКОМ, 2010. – 244 с.

15 Бураков, М.В. Механизм адаптации нечеткого регулятора / М.В. Бураков // Известия академии наук. Теория и системы управления. – 1998. – Вып.1. – С. 84-87.

16 Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Г. Буч, Р. Максимчук, М.У. Энгл. – М.: Вильямс, 2008. – 720 с.

17 Википедия – свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>. – 10.03.2017.

18 Винсенс, Т. Firebird. Библиотека профессионала / Т. Винсенс. – М.: Символ-плюс, 2010. – 267 с.

19 Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А.М. Водовозов. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 123 с.

20 Вострокнутов, Н.И. Испытания и поверка цифровых измерительных устройств / Н.И. Вострокнутов. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 140 с.

21 Гирченко, М.Т. Регулирование температуры воздуха с коррекцией по влажности / М.Т. Гирченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1979. – Вып.1. – С. 20-30.

22 Гончарук, Н.С. Новые направления в автоматизации микроклимата теплиц / Н.С. Гончарук, Д.О. Лебл // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – Вып.2. – С. 7-8.

23 Григорьев, В.Л. Программирование однокристалльных микропроцессоров / В.Л. Григорьев. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с.

24 Датчики температуры. Тематический каталог / А.И. Ефимов и др. – Челябинск: ПГ Метран, 2007. – 312 с.

25 Дьяконов, В.П. Пакеты анализа, идентификации и моделирования систем / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.

					<i>ВКР.155521.09.04.04.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		61

26 Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL / А.В. Евстифеев. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 558 с.

27 Егоров, К.В. Основы теории автоматического регулирования / К.В. Егоров. – М.: Энергия, 1967. – 648 с.

28 Зотов, Б.И., Безопасность жизнедеятельности на производстве / Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов. – Москва.: КолосС, 2004. – 189 с.

29 Иванченко, О.И. Автоматическая система непрерывного дистанционного контроля влажности и температуры воздуха / О.И. Иванченко. – СПб.: Санкт-Петербургский Государственный Технологический Университет, 2007. – 20 с.

30 Карандаев, К.Б. Электрические методы автоматического контроля / К.Б. Карандаев. – М.: Энергия, 1995. – 335 с.

31 Кирилин, Н.И. Оптимизация алгоритма взаимосвязанного регулирования температуры и влажности в технологических условиях / Н.И. Кирилин, Т.В. Шаронова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – Вып.2. – С. 22-32.

32 Кисилев, Г.С. Система автоматизированного контроля и управления хранения с/х сырья / Г.С. Киселев. – М.: РГАЗУ, 2003. – 24 с.

33 Коряков, В.И. Приборы в системах контроля влажности твердых веществ и их метрологические характеристики / В.И. Коряков, А.С. Запорожец // Практика приборостроения. – 2002. – Вып.1. – С. 5-11.

34 Костырко, К.Г. Измерение и регулирование влажности в помещениях / К.Г. Костырко, Б.К. Околович-Грабовска. – М.: Стройиздат, 1982. – 193 с.

35 Куприянов, М.М. Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования / М.М. Куприянов, Б.Д. Матюшкин Политехника. – СПб.: КОРОНА, 1990. – 273 с.

36 Куприянов, М.С. Микропроцессорные системы / М.С. Куприянов, Р.И. Грушвицкий, О.Е. Мартынов. – СПб.: Политехника, 2002. – 936 с.

37 Левин, С.Ф. Математическая теория измерительных задач / С.Ф. Левин // Контрольно-измерительные приборы и системы. – 2003. – Вып.2. – С. 35-36.

38 Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин: Измери-

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		62

тельные преобразователи / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.

39 Мазиди, М.А. Микроконтроллеры PIC и встроенные системы. Применение ассемблера и C для PIC18 / М.А. Мазиди, Р.Д. МакКинли, Д. Кусэй; Пер. с англ. В.В. Литвина. – СПб.: КОРОНА-принт, МК-Пресс, 2009. – 784 с.

40 Мортон, Джон Микроконтроллеры AVR. Вводный курс / Джон Мортон – М.: Додэка XXI, ДМК Пресс, 2015. – 272 с.

41 Мучин, П.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов / П.В. Мучин. Новосибирск.: СГГА, 2003. – 302 с.

42 Орлов, С.Н. Ethernet в системах промышленной автоматизации / С.Н. Орлов // Журнал сетевых решений LAN. – 2004. Вып.12. – С. 12-18.

43 Петров, В.Н. Информационные системы / В.Н. Петров. – СПб.: Питер. 2002. – 201 с.

44 Петров, И.К. Измерение и регулирование влажности / И.К. Петров. – М.: Московский рабочий, 1972. – 100 с.

45 Подбельский, В.В. Язык C#. Базовый курс. 2-е изд./ В.В. Подбельский. – М.: Финансы и статистика, 2013. – 426 с.

46 Прокопенко, В.С. Программирование микроконтроллеров на языке C / В.С. Прокопенко. – СПб.: Корона-Век, 2012. – 436 с.

47 Редькин, П.П. 32/16-битные микроконтроллеры ARM7 семейства AT91SAM7 фирмы Atmel / П.П. Редькин. – М.: Додэка XXI, 2008. – 704 с.

48 Ремизевич, Т.В. Микроконтроллеры для встраиваемых приложений. / Т.В. Ремизевич. – М.: Додека, 2000. – 365 с.

49 Романов, В.Г. Состояние и проблемы метрологического обеспечения влагомеров твердых веществ / В.Г. Романов, В.И. Саулькин // Измерительная техника. – 1986. – Вып.1. – С. 42-44.

50 Русанов, Н.А. Интеллектуальные системы управления C-BUS/ Н.А. Русанов// Hi Tech House. – 2003. – Вып.6. – С. 17-22.

51 Рюмик, С.М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 1 / С.М. Рюмик. – М.: Додэка-XXI, 2012. – 356 с.

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		63

52 Солдатов, В.В. Адаптивная настройка систем управления с ПИД регуляторами в условиях информационной неопределенности / В.В. Солдатов, Д.С. Пашенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – Вып.8. – С. 16-20.

53 Соммер, Уилл Программирование микроконтроллерных плат Arduino /Freeduino / Улли Соммер, В.А. Букирев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 294 с.

54 Сташин, В.В. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах / В.В. Сташин, А.В. Урусов, О.Ф. Мологонцева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224с.

55 Трамперт, В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров / Вольфганг Трамперт. – М.: МК-Пресс, 2007. – 208 с.

56 Феоктистова, О.Г. Безопасность жизнедеятельности (медико-биологические основы) / О.Г. Феоктистова, Т.Г. Феоктистова, Е.В. Экзерцева. Москва.: Феникс, 2006. – 234 с.

57 Фудзисава, Юкихо 32-битные микропроцессоры и микроконтроллеры SuperH / Юкихо Фудзисава. – М.: Додэка XXI, 2009. – 360 с.

58 Хартов, В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих: Учебное пособие / В.Я. Хартов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2012. – 280 с.

59 Худяков, С.В. Информационная система мониторинга температуры и влажности в помещении / С.Г. Самохвалова, С.В. Худяков // Вестник Амурского государственного университета. – 2016. – Вып.75. – С. 44-49.

60 Худяков, С.В. Использование микроконтроллера ESP8266 01. Программирование с помощью Arduino IDE / С. Г. Самохвалова, С. В. Худяков // Постулат. – 2016. – Вып.12. – С. 1-8.

61 Худяков, С.В. Разработка систем локального и удалённого контроля и мониторинга температуры и влажности / С. Г. Самохвалова, С. В. Худяков // Альманах современной науки и образования. – 2017. – Вып.3. – С. 85-90.

62 Шагурин, И.И. Микропроцессоры и микроконтроллеры фирмы Motorola: справочное пособие / И.И. Шагурин. – М.: Радио и связь, 1998. – 560 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А1

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // номер пина, к которому подсоединен датчик
// Раскомментируйте в соответствии с используемым датчиком
// Иницилируем датчик
DHT dht(DHTPIN, DHT22);
//DHT dht(DHTPIN, DHT11);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(3, OUTPUT);
  dht.begin();
}
void loop() {
  // Задержка 2 секунды между измерениями
  delay(2000);
  //Считываем влажность
  float h = dht.readHumidity();
  // Считываем температуру
  float t = dht.readTemperature();
  // Запуск звуковой сигнализации
  if (t>33)
  {
    digitalWrite(3, HIGH);
  }
  //Отключение звуковой сигнализации
  else if (t<33)
  {
    digitalWrite(3, LOW);
  }
  // Проверка удачно прошло ли считывание.
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Не удается считать показания");
    return;
  }
  //Serial.print("Влажность: %f \tТемпература: %f *C\n", h, t);
  Serial.print(h, 1);
  Serial.println("");
  Serial.print(t, 1);
  Serial.println("");
}
```

					ВКР.155521.09.04.04.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		65

ПРИЛОЖЕНИЕ А2

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.IO.Ports;
using System.IO;
namespace WeatherStation
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        SerialPort port = new SerialPort("COM3", 9600, Parity.None, 8, StopBits.One);
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
            port.Open();
            port.DataReceived += serialport_DataReceived;
            port.DataReceived += serialport_DataReceived1;
            File.Delete("Temperature.txt");
            File.Delete("Humidity.txt");
        }
        private void serialport_DataReceived(object sender, System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            string vlag = port.ReadLine();
            this.BeginInvoke(new LineReceivedEvent(LineReceived), vlag);
        }
        private void serialport_DataReceived1(object sender, System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            string temp = port.ReadLine();
            this.BeginInvoke(new LineReceivedEvent1(LineReceived1), temp);
        }
        private delegate void LineReceivedEvent(string vlag);
        private void LineReceived(string hum)
        {
            textBox2.Text = string.Concat(hum,"%");
        }
    }
}
```

					ВКР. 155521.09.04.04.П3	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		66

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А2

```
string path = "Humidity.txt";
    string date = DateTime.Now.ToString();
    using (StreamWriter sw = File.AppendText(path))
    {
        sw.WriteLine(hum);
        sw.WriteLine(date);
    }
}
private delegate void LineReceivedEvent1(string temp);
private void LineReceived1(string temp)
{
    textBox1.Text = string.Concat(temp, "\u00B0C");
    string path = "Temperature.txt";
    string date = DateTime.Now.ToString();
    using (StreamWriter sw = File.AppendText(path))
    {
        sw.WriteLine(temp);
        sw.WriteLine(date);
    }
}
private void Form1_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    port.Close();
}
private void графикТемпературыToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 f2 = new Form2();
    f2.Show();
}
private void графикВлажностиToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form3 f3 = new Form3();
    f3.Show();
}
private void выходToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    port.Close();
    Close();
} } }
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		67

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А2

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
namespace WeatherStation
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoom(0, 30);
            chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserEnabled = true;
            chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserSelectionEnabled = true;
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoomable = true;
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScrollBar.IsPositionedInside = true;
            StreamReader streamReader = new StreamReader("Temperature.txt");
            chart1.Series[0].Points.Clear();
            while (!streamReader.EndOfStream)
            {
                string Y = streamReader.ReadLine();
                streamReader.ReadLine();
                string X = streamReader.ReadLine();
                chart1.Series[0].Color = Color.Red;
                chart1.Series[0].BorderWidth = 1;
                chart1.Series[0].Points.AddXY(X, Y);
            }
            streamReader.Close();
        }
    }
}
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		68

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А2

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
namespace WeatherStation
{
    public partial class Form3 : Form
    {
        public Form3()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void Form3_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoom(0, 100);
            chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserEnabled = true;
            chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserSelectionEnabled = true;
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoomable = true;
            chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScrollBar.IsPositionedInside = true;
            StreamReader streamReader = new StreamReader("Humidity.txt");
            chart1.Series[0].Points.Clear();
            while (!streamReader.EndOfStream)
            {
                string Y = streamReader.ReadLine();
                streamReader.ReadLine();
                string X = streamReader.ReadLine();
                chart1.Series[0].Color = Color.Blue;
                chart1.Series[0].BorderWidth = 1;
                chart1.Series[0].Points.AddXY(X, Y);
            }
            streamReader.Close();
        }
    }
}
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		69

ПРИЛОЖЕНИЕ А3

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include "DHT.h"
//AP definitions - update this
#define AP_SSID "G2"
#define AP_PASSWORD "lglglg222"
// EasyIoT Cloud definitions - change EIOT_CLOUD_TEMP_INSTANCE_PARAM_ID and EI-
OT_CLOUD_HUM_INSTANCE_PARAM_ID
#define EIOT_CLOUD_TEMP_INSTANCE_PARAM_ID
"577e3bf7c943a0253e37dce9/cwLzodWdU1HuROFE"
#define EIOT_CLOUD_HUM_INSTANCE_PARAM_ID "577e3bf7c943a0253e37dce9/3n50nj0YgroZ3AaE"
#define REPORT_INTERVAL 60 // in sec

#define EIOT_CLOUD_ADDRESS "cloud.iot-playground.com"
#define EIOT_CLOUD_PORT 40404
#define ONE_WIRE_BUS 2 // DS18B20 pin
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
float oldTemp;
float oldHum;
DHT dht;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  wifiConnect();
  Serial.println();
  Serial.println("Status\tHumidity (%)\tTemperature (C)\t(F)");
  dht.setup(2); // data pin 2
  oldTemp = -1;
  oldHum = -1;
}

void loop() {
  delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());
  float hum = dht.getHumidity();
  float temp = dht.getTemperature();
  Serial.print(dht.getStatusString());
  Serial.print("\t");
  Serial.print(hum, 1);
  Serial.print("\t\t");
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А3

```
Serial.print(temp, 1);
Serial.print("\t\t");
Serial.println(dht.toFahrenheit(temp), 1);
if (temp != oldTemp)
{
    sendTeperature(temp);
    oldTemp = temp;
}
if (hum != oldHum)
{
    sendHumidity(hum);
    oldHum = hum;
}
int cnt = REPORT_INTERVAL;
while(cnt--)
    delay(1000);
}
void wifiConnect()
{
    Serial.print("Connecting to AP");
    WiFi.begin(AP_SSID, AP_PASSWORD);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
}
void sendTeperature(float temp)
{
    WiFiClient client;
    while(!client.connect(EIOT_CLOUD_ADDRESS, EIOT_CLOUD_PORT)) {
        Serial.println("connection failed");
        wifiConnect();
    }
    String url = "";
    // URL: /RestApi/SetParameter/[instance id]/[parameter id]/[value]
    url += "/RestApi/SetParameter/" + String(EIOT_CLOUD_TEMP_INSTANCE_PARAM_ID) + "/" + String(temp);
    // generate EasIoT cloud update parameter URL
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЕ А3

```
Serial.print("POST data to URL: ");
Serial.println(url);
client.print(String("POST ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
    "Host: " + String(EIOT_CLOUD_ADDRESS) + "\r\n" +
    "Connection: close\r\n" +
    "Content-Length: 0\r\n" +
    "\r\n");
delay(100);
while(client.available()){
    String line = client.readStringUntil('\r');
    Serial.print(line);
}
Serial.println();
Serial.println("Connection closed");
}
void sendHumidity(float hum)
{
    WiFiClient client;
    while(!client.connect(EIOT_CLOUD_ADDRESS, EIOT_CLOUD_PORT)) {
        Serial.println("connection failed");
        wifiConnect();
    }
    String url = "";
    // URL: /RestApi/SetParameter/[instance id]/[parameter id]/[value]
    url += "/RestApi/SetParameter/" + String(EIOT_CLOUD_HUM_INSTANCE_PARAM_ID) + "/" + String(hum); //
generate EasIoT cloud update parameter URL
Serial.print("POST data to URL: ");
Serial.println(url);
client.print(String("POST ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
    "Host: " + String(EIOT_CLOUD_ADDRESS) + "\r\n" +
    "Connection: close\r\n" +
    "Content-Length: 0\r\n" +
    "\r\n");
delay(100);
while(client.available()){
    String line = client.readStringUntil('\r');
    Serial.print(line); }
Serial.println();
Serial.println("Connection closed");}
```

					ВКР.155521.09.04.04.П3	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72