

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В. П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В.П. Астафьева)
Институт математики, физики и информатики
Кафедра физики и методики обучения физике

Костина Анна Валерьевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Разработка физико-экологического практикума в старшей школе на
платформе программируемых контроллеров**

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы Физика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
профессор, доктор педагогических наук

В.И.Тесленко ___  ___ 26 мая 2020

Научный руководитель
к. ф.-м. н., доцент кафедры ФиМОФ

И.Н.Орлова ___  ___ 20 мая 2020

Дата защиты: 3.07.2020

Обучающийся

Костина А.В. ___  ___ 17 мая 2020

Оценка отлично (прописью)

Красноярск 2020



Оглавление

Введение	2
Глава I. Теория	5
I.1 Современный подход к оценке качества атмосферного воздуха.	5
I.2 Загрязняющие вещества. Каков экологический запрос города?	10
I.3 Индустрия современных датчиков.	14
I.4 Экологические сервисы Красноярска и мира.	15
I.5 Критерии точности измерений.	18
I.6 Используемые датчики и их принцип действия.	19
Глава II. Оригинальные результаты	24
II.1 Библиографическое и конъюнктурное исследования.	24
II.2 Разработка и описание установки.	24
II.3 Компоненты установки и цены	32
II.4 Конкурентные преимущества предлагаемой системы	33
II.5 Анализ качества получаемых данных.	33
II.6 Анализ данных.	34
II.7 Разработка сайта.	34
II.8 Перспективы	36
Глава III. Разработка серии научных семинаров для школьников по теме работы	37
III.1 Общие сведения о практикуме	37
III.2 Конспекты уроков	39
III.3 Дидактические материалы.	46
Заключение	57
Апробация работы.....	58
Литература	59
Приложения	63

Введение

В данной работе рассматривается один из самых актуальных вопросов современного человечества, а именно экология и один из способов привлечения внимания детей старшего школьного возраста к этой проблеме.

Разработанный практикум предполагает, что дети старшего школьного возраста, под контролем преподавателя смогут собрать установку из предложенных датчиков, самостоятельно ее запрограммировать, написать программу, позволяющую этой системе. И конечно же школьники не смогут это все сделать без знаний по физике, информатике, программированию.

Огромным плюсом данного проекта является его доступность и небольшая стоимость. Все, используемые датчики, есть в свободной продаже по очень низкой цене.

Объект исследования: качество атмосферного воздуха

Предмет исследования: разработка установки для мониторинга некоторых метеорологических параметров, а также концентрации ряда загрязняющих веществ атмосферного воздуха, и на его основе – практикума для старшей школы.

Цель

Разработка, внедрение системы экологического мониторинга атмосферного воздуха на основе программируемых контроллеров. Разработка физико-экологического практикума для старшей школы на базе созданной системы.

Задачи

1. Изучение общемировых и общероссийских критериев качества атмосферного воздуха, сбор данных о «спросе» и «предложении» на анализ содержания тех или иных вредных веществ, анализ имеющихся мировых, российских и красноярских сервисов по данному профилю.
2. Отбор датчиков для устройства, составление сметы, закупка.

3. Разработка архитектуры устройства, сборка и программирование первого экспериментального образца
4. Разработка программного обеспечения
5. Тестирование готового образца устройства, исправление недочетов, корректировка схемы.
6. Разработка сайта, осуществляющего функции сбора, хранения, распространения с исследовательскими целями и представления информации об экологическом состоянии атмосферы в населенном пункте в наглядном графическом виде.
7. Сборка и программирование нескольких устройств по образцу первого
8. Размещение приборов по городу в разных районах
9. Разработка физико-экологического практикума для старшей школы на базе созданной системы и написания к нему соответствующего методического пособия.

Актуальность и новизна

Существующие экологические сервисы Красноярска, занимающиеся мониторингом текущего состояния качества атмосферного воздуха, обладают рядом недостатков. Те из них, которые отслеживают текущие показатели, могут это сделать лишь для 1-2 загрязняющих веществ или только для основного параметра качества – концентрации ультрадисперсной пыли PM2.5. В случае измерения большого числа показателей с максимальной возможной точностью страдает экономическая целесообразность и мобильность этого проекта. Таков, например, сервис Krasecology.ru. В этой связи разработка доступной по цене, мобильной системы, выполняющей замеры по нескольким важным загрязняющим веществам, представляется актуальной.

Предлагаемые для разработки Arduino-технологии являются доступными как по цене, так и по сложности исполнения, в том числе для старших

школьников, что в условиях современных запросов образования также представляется актуальным.

В современной школе вопросам экологии уделяется особое внимание. У некоторых школьников есть уроки экологии, но они не являются продуктивными. По данным оригинального опроса, в котором участвовало 30 школьников 9-11 классов из разных школ города Красноярска, в рамках ВКР было выявлено, что у 93% школьников есть урок экологии. Так же получены данные о том, что только 27% школьников задумываются о качестве воздуха, следят за мировыми и региональными сервисами. (опрос, проводимый среди школьников представлен в приложении III.3.1, а также в III.3.2 представлены некоторые результаты данного опроса в виде диаграмм). На данный момент экологическая ситуация складывается так, что если нынешнее молодое поколение продолжит и дальше так наплеватьски относиться к экологии, то в ближайшем будущем ситуация станет совсем плачевной. Именно поэтому у нас нет возможности тратить время на непродуктивные уроки экологии. Сейчас самое время действовать. Нам необходимо заинтересовать детей. А так как на сегодняшний день дети заинтересованы всем, что связано с интернетом, информационными технологиями и робототехникой мы предлагаем действовать именно в этом направлении.

Глава I. Теория

I.1 Современный подход к оценке качества атмосферного воздуха.

I.1.1 Международные экологические организации.

Существует несколько организаций, которые занимаются разработками различных стандартов, касающихся воздуха и концентрации различных веществ в нем. Одни из самых известных это **Ashrae и Osha** — американские структуры. Первые стандарты ASHRAE были выпущены в 1932 году. Развитие стандартов ASHRAE началось в 1895 г., когда организация-предшественник – Общество американских инженеров по отоплению и вентиляции (ASHVE) – только начинало создавать первые варианты стандарта по вентиляции для всех классов зданий. В 1932 г. другая организация-предшественник – Объединение американских инженеров по охлаждению (ASRE) – выпустило положение Safety Code for Mechanical Refrigeration (в настоящее время принят в качестве техники безопасности при эксплуатации механического холодильного оборудования, стандарт ANSI/ASHRAE 15-1994). С тех пор ассоциация ASHRAE выпустила более сотни стандартов и рекомендаций, которые получили всемирное признание. В том числе и таблица 1 разработана по стандартам ASHRAE и OSHA.

I.1.2 Критерии качества атмосферного воздуха. Единицы и нормы ПДК

Контроль качества атмосферного воздуха осуществляется по специальным критериям. Критерии – это гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха, предельно допустимые концентрации (**ПДК**). Для каждого загрязнителя есть научно обоснованный допустимый предел. Основные нормы были разработаны во времена СССР. Сейчас, при необходимости, списки дополняются. В списке ПДК содержится более 400 отдельных веществ или их комбинаций. Для каждого вещества установлен

класс опасности (от 1 до 4). Для основных загрязняющих веществ рассчитывают три типа ПДК:

- ПДК рабочей зоны.
- Среднесуточная ПДК для воздуха в жилых районах.
- Максимальная разовая ПДК.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — такая максимальная концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований, в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

ПДК рабочей зоны измеряется в миллиграммах на кубический метр и показывает допустимую концентрацию вещества в рабочей зоне. Нормативы установлены таким образом, чтобы исключить вред здоровью. При подборе значения ПДК оценивали, в том числе, долговременные эффекты на здоровье. ПДК рабочей зоны установлен для производств, на которых сотрудники работают 8 часов в смену. Если рабочий день другой продолжительности, то может потребоваться пересчет. При соблюдении нормы санитарная обстановка по качеству воздуха будет безвредной для здоровья персонала.

Максимально разовая предельно допустимая концентрация — это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызвать при вдыхании его в течении 30 минут рефлекторных реакций в организме человека

Среднесуточная предельно допустимая концентрация — это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неопределенно долгом воздействии.

ppm расшифровывается как parts per million или в вольном переводе "частей на миллион". От процента показатель не отличается, отличается

только размерность (1 ppm = 0,0001%). По гигиеническим нормам ppm приблизительно 0,0017% – 170 ppm, выхлопе бензинового двигателя CO может быть до 3% – соответственно 3% = 30.000 ppm

Ug — означает микрограмм. Приставка "микро" часто обозначается греческой буквой "мю", однако поскольку эту букву не всегда можно напечатать, то палочку от "мю" в μg упускают и таким образом она превратилась в "u".

Промилле (лат. per mille, pro mille — на тысячу) — одна тысячная доля, 1/10 процента; обозначается (‰); используется для обозначения количества тысячных долей чего-либо в целом.

В таблице 1 приведены общепринятые нормы показателей по основным параметрам измерений.

Таблица 1. Нормы показателей по основным параметрам измерений

	Максимально-разовая ПДК _{мр}	Среднесуточная ПДК _{сс}
Пыль PM2.5	160 мкг/м ³	35 мкг/м ³
Пыль PM10	300 мкг/м ³	60 мкг/м ³
Угарный газ CO	5.0 мг/м ³	3.0 мг/м ³
Углекислый газ CO ₂	1000 ppm =0.1%	
Формальдегид CH ₂ O	35 мкг/м ³	30 мкг/м ³

1.1.3 Индекс качества воздуха.

Качество атмосферного воздуха – это некоторая совокупность свойств или характеристик атмосферы, которые определяют ее воздействие на людей и другие живые организмы и места их обитания. Качество воздуха зависит от физических, биологических и химических свойств воздуха

По данным с портала euronews Европейского индекса качества воздуха рассчитывается по пяти основным загрязняющим веществам, регулируемых Европейским законодательством: O₃ (озон), NO₂ (диоксид азота), SO₂

(диоксид серы), PM_{2,5} и PM₁₀. Для каждого загрязняющего вещества, значение индекса варьируется от 1 (хорошо) до 5 (очень плохо). Европейский индекс качества воздуха рассчитывается по разным загрязняющим веществам отдельно в соответствии с концентрациями (моментально или в среднем за день, в зависимости от загрязняющего вещества): чем выше концентрация, тем выше индекс. Европейский индекс качества воздуха представлен целым числом, соответствующим пяти диапазонам концентраций, характерным для каждого загрязняющего вещества, как указано в таблице 2.

Таблица 2. Вещества и уровни загрязнения с индексом.

Вещество	Уровень загрязнения с индексом				
	1 Очень хорошее	2 Хорошее	3 Среднее	4 Плохое	5 Очень плохое
O ₃ , мкг/м ³	0-80	80-120	120-180	180-240	240-600
NO ₂ , мкг/м ³	0-40	40-100	100-200	200-400	400-1000
SO ₂ , мкг/м ³	0-100	100-200	200-350	350-500	500-1250
PM ₁₀ , мкг/м ³	0-20	20-35	35-50	50-100	100-1200
PM _{2.5} , мкг/м ³	0-10	10-20	20-25	25-50	50-800

Общий почасовой Европейский индекс качества воздуха определяется как самое высокое значение из пяти индивидуальных индексов загрязняющих веществ, рассчитанных за одно и то же время. Для примера, если индексы O₃, NO₂, SO₂, PM_{2,5} и PM₁₀ равны 1, 3, 1, 2, 2 соответственно, общий почасовой индекс будет равен трем.

Общий ежедневный Европейский индекс качества воздуха — это самое высокое значение общего почасового Европейского индекса качества воздуха за соответствующий день. На рисунке 1 отображена общепринятая градация количества загрязняющих веществ в атмосфере со значением индекса качества воздуха.

Индекс качества
воздуха (ИКВ = AQI)
Значения

Уровни концерн здравоохранения

0 - 50	хорошо	Качество воздуха считается удовлетворительным, и загрязнение воздуха представляется незначительным в пределах нормы.
51 -100	удовлетворительное	Качество воздуха является приемлемым; однако некоторые загрязнители могут представлять опасность для людей, являющихся особо чувствительным к загрязнению воздуха.
101-150	Нездоровый для чувствительных групп	Может оказывать эффект на особо чувствительную группу лиц. На среднего представителя не оказывает видимого воздействия.
151-200	нездоровый	Каждый может начать испытывать последствия для своего здоровья; особо чувствительные люди могут испытывать более серьезные последствия.
201-300	Очень Нездоровый	Опасность для здоровья от чрезвычайных условий. Это отразится, вероятно, на всем населении.
300+	опасный	Опасность для здоровья: каждый человек может испытывать более серьезные последствия для здоровья

Рис.1. соотношение количества загрязняющих веществ в атмосфере со значением индекса качества воздуха

А вот сервис cityAir использует немного другую классификацию индекса качества воздуха. На рисунке 2 представлена схема с данного сервиса.

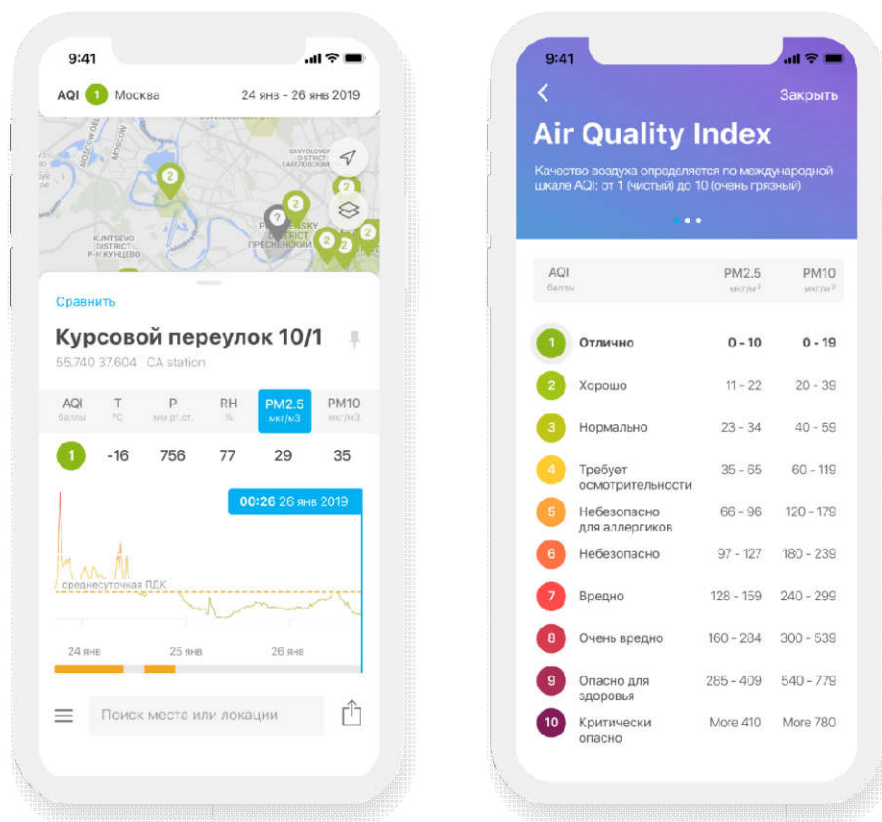


Рис.2. индекс качества воздуха с сервиса cityAir.

I.2 Загрязняющие вещества. Каков экологический запрос города?

I.2.1 Источники и типы загрязняющих веществ

Человеческая деятельность способствует увеличению концентрации в атмосферном воздухе пыли, сажи, жидких аэрозолей и молекул химических веществ.

- **Пылевое загрязнение.** Может являться как естественным, так и следствием сельскохозяйственных работ, строительства, промышленности, движения машин и т. д. Любая пыль (а не только промышленная) вредна для органов дыхания человека. Самой вредной считается асбестовая пыль. Некоторые виды пыли могут содержать радиоактивные вещества и другие вредные компоненты. Пылевое загрязнение влияет на радиационный баланс и характер выпадения атмосферных осадков. Оно слегка тормозит вызванное человеком глобальное потепление. Для борьбы с атмосферной пылью создаются защитные лесополосы, посадки деревьев, фильтры. Иногда применяют обводнение территории, насыпку грунта, на который затем сажаются растения. Тем, кто вынужден постоянно или часто вдыхать пыль, рекомендуются индивидуальные средства защиты.
- **Выбросы сажи** связаны с работой автотранспорта, ТЭЦ, промышленных предприятий, мусорных свалок. Она выделяется при сжигании пластмассы, угля, нефти и нефтепродуктов, биомассы, а иногда и природного газа. Сажа может абсорбировать вредные вещества и в этом случае она вредна для здоровья человека. Сама по себе сажа – это продукт сжигания органики, который не является токсичным. Она уменьшает поток солнечного излучения, а при попадании на снег или лед ускоряет его таяние, способствуя глобальному потеплению.
- **Химические аэрозоли** образуются при реакции соединений серы или азота с водяным паром с образованием капелек кислот. Выпадая на поверхность, они могут вызвать кислотные дожди. Также аэрозоли являются причиной увеличения облачности и повышения отражательной способности Земли.

Аэрозоли заметно тормозят глобальное потепление. Соединения серы и азота выделяются при работе автотранспорта, ТЭЦ, промышленных предприятий. А также при вулканических извержениях.

- **Газовые (молекулярные) вещества** очень разнообразны и выделяются при различных естественных и антропогенных процессах. Наибольшее значение имеют выбросы вредных для здоровья веществ и парниковых газов. Парниковые и озоноразрушающие газы нередко остаются в атмосфере на столетия и оказывают повсеместное воздействие на радиационные потоки. Выше всего в атмосферу проникает метан, который имеет самую легкую молекулу, что делает его универсальным парниковым газом.

1.2.2 Классы опасности загрязняющих веществ

Как уже ранее говорилось, все вещества делятся по классам опасности. В таблице 2 приведены примеры веществ различных классов опасности с их действием на организм.

Таблица 2. Загрязняющие вещества по классам опасности.

Класс опасности	№	Вещество	Действие на организм
1 класс. Чрезвычайно опасные вещества	1	Формальдегид	способствует разрушению нервной ткани и зрительных анализаторов. Обладает канцерогенным, тератогенным (действие на плод), эмбриотоксическим, мутагенным действием
	2	Бензапирен	канцерогенное, мутагенное, эмбриотоксическое, гематотоксическое действие
	3	Озон	Неблагоприятное влияние на слизистые оболочки, в том числе легких
	4	ртуть	Острые отравления могут привести к летальному исходу
2 класс. Высоко опасные вещества	5	Диоксид азота NO ₂	от слабого раздражения слизистых оболочек глаз и носа до отека легких
	6	Фенол	Выраженное токсическое действие на внутренние органы, ожоги
	7	Бензол	Мутация генов, сбой функционирования репродуктивных органов
	8	Сероводород	при содержании газа 0,1% во вдыхаемом

			человеком воздухе наступает смерть
	9	Гидрофторид	сильно раздражают верхние дыхательные пути, Смерть в результате поражения легких (кровоизлияния и отек).
	10	Хлороводород	глубокое коматозное состояние, острая дыхательная недостаточность
3 класс. Вещества умеренно опасные	11	Сажа PM.10	Негативные изменения в системе дыхательных органов человека, ухудшаются течения хронических заболеваний, особенно заболеваний легких
	12	Взвешенные вещества PM.2.5	Развитие болезней дыхательных путей.
	13	Этилбензол	сонливостью, необычным зудом во рту, слезотечением и нарушением координации
	14	Ксилол	поражение легких, кровеносной и нервной систем
	15	Толуол	вдыхание паров вызывает слабый наркотический эффект
	16	Оксид азота	проблемы с дыханием, сильная аллергия или сыпь, крапивница, зуд, одышка, опасные для жизни осложнения астмы
4 класс. Вещества малоопасные	17	Угарный газ CO	Блокирование доставки кислорода к клеткам
	18	Амиак	В первую очередь страдают глаза и слизистые дыхательных путей
	19	Углекислый газ	раздражает слизистые оболочки, провоцирует повреждение эпителиальных клеток

Приведенные в таблице данные взяты из статьи «14 ядов, которыми дышит каждый красноярец» [1] и др.

1.2.3 Что такое PM2.5

PM2.5 — ультрадисперсная пыль с размером частиц меньше 2.5 мкм.

PM1.0 — ультрадисперсная пыль с размером частиц меньше 1 мкм.

PM10 — ультрадисперсная пыль с размером частиц меньше 10 мкм.

На рисунке 3 приведены сравнительные размеры ультрадисперсных частиц.

По своему происхождению PM2.5 делятся на:

- Первичные PM2.5 выбрасываются в воздух уже готовыми. Мельчайшие кусочки сажи, асфальта и автомобильных покрышек, частицы минеральных солей (сульфаты, нитраты), соединения тяжелых

металлов (в основном оксиды). Биологические загрязнители (некоторые аллергены и микроорганизмы) тоже относятся к PM2.5.

- Вторичные PM2.5 образуются непосредственно в атмосфере. Один из примеров: в городской воздух выбрасываются оксиды азота и серы, при контакте с водой они образуют кислоты, а уже из них получаются твердые частицы солей (нитраты и сульфаты).

По типу источника частицы PM2.5 делятся на:

- Искусственные (антропогенные) Главный антропогенный источник частиц — транспорт. Двигатели внутреннего сгорания и промышленные процессы со сжиганием твердых видов топлива (уголь, бурый уголь, нефть), строительство, добыча полезных ископаемых, многие виды производства (особенно производство цемента, керамики, кирпича, плавильное производство), в городах источником может быть эрозия дорожного покрытия и стирание тормозных колодок и шин. Даже сельское хозяйство — источник аммиака, из которого могут образоваться вторичные PM2.5.
- Природные (неантропогенные) Источники: эрозия почвы в засушливых районах и органические испарения.

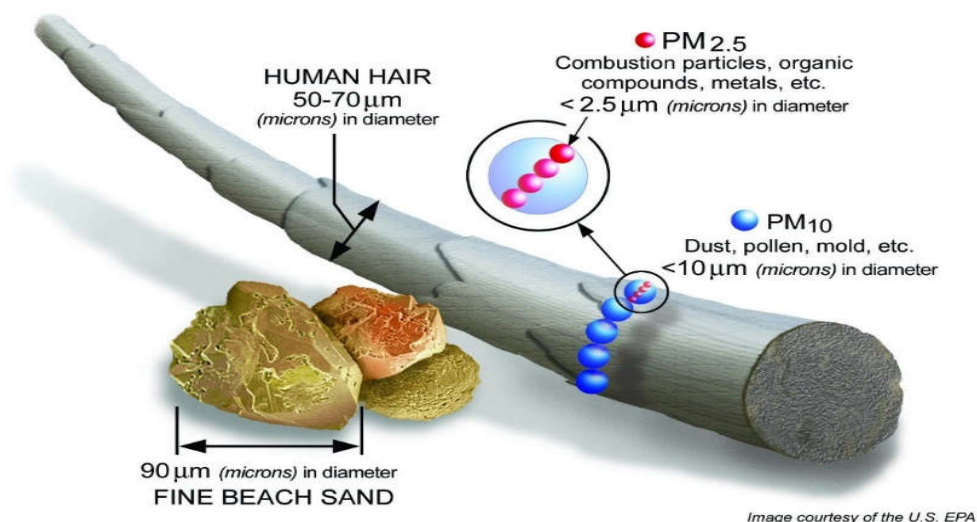


Рис.3. Сравнительные размеры ультрадисперсных частиц.

Частицы PM2.5 опасны. И опасность эта становится все более и более явной. С 1990 по 2010 год 3,1 млн людей умерли от причин, связанных с

частицами PM2.5. Еще одна цифра: частицы PM2.5 сокращают ожидаемую продолжительность жизни в среднем на 8,6 месяцев. Всего с PM2.5 связаны 3% смертей от заболеваний сердечно-сосудистой и дыхательной системы и 5% смертей от рака легкого. Источник – последний крупный отчет Всемирной организации здравоохранения о загрязнении воздуха и его влиянии на здоровье людей. Частицы PM2.5 называют еще респирабельной, вдыхаемой фракцией. **Опасность ультрадисперсной пыли фракции PM2.5** состоит в том, что эти частицы настолько мелкие, что **проходят сквозь биологические барьеры** в нашем организме: носовая полость, верхние дыхательные пути, бронхи. PM2.5 вместе с воздухом попадают напрямую в альвеолы — пузырьки, в которых происходит газообмен между легкими и кровеносными сосудами. **В дальнейшем эти частицы накапливаются в организме и становятся первопричиной возникновения очагов воспаления.**

I.3 Индустрия современных датчиков.

На сегодняшний день рынок газоанализаторов достаточно разнообразен. На нем представлены как приборы для домашнего использования, так и промышленные. Так, например, на рынке домашних газоанализаторов широко обсуждаются две модели. Это Xiaomi SmartMi PM2.5 Air Detector и Монитор качества воздуха IQAir AirVisual Pro.

Xiaomi SmartMi PM2.5 Air Detector: данное устройство является портативным и производит замеры только по PM2.5. данные измерений отображаются на небольшом мониторе прямо на самом устройстве. Его цена начинается от 3000 рублей. [4]

Монитор качества воздуха IQAir AirVisual Pro измеряет чуть большее число показателей. А именно CO₂, PM2.5, PM10, а также влажность и температуру. Для данного прибора существует приложение для Android и iPhone, так же все измерения отображаются и на собственном мониторе прибора. Его стоимость начинается от 21000 рублей.

Так же существует огромное множество газоанализаторов, предназначенных для личного использования, но с более широким спектром измеряемых показателей. Так, например, «Микросенс М3 (PID)» производит замеры по 22 показателям (CH₄, C₃H₈, C₂H₆, CO₂, H₂S, CO, CL₂, NH₃, SO₂, NO, NO₂, H₂, F₂, O₃, Br₂, HP, HCL, HCN, PH₃, SiH₄, AsH₃, O₂), но стоимость его начинается от 60000 рублей.[21]

1.4 Экологические сервисы Красноярска и мира.

1.4.1 сервисы Красноярска и мира.

В мире существуют различные сервисы, как мирового, так Российского и краевого масштаба. В таблице 3 отображено большинство из них.

Таблица 3. Экологические сервисы Красноярска и мира.

№	Сайт	Название
Краевые		
1	https://krasecology.ru	Краевая ведомственная информационно-аналитическая система данных о состоянии окружающей среды Красноярского края
2	Nebo.live	Сигнальная сеть загрязнения воздуха в режиме реального времени, Игорь Шпехт и сообщество
3	http://air.krasn.ru	Система мониторинга воздуха Красноярский научный центр СО РАН
Россия		
4	https://cityair.io	CityAir (Сколково)
Мировые		
5	https://waqi.info/ru	Всемирный индекс качества воздуха
6	https://www.iqair.com (https://www.airvisual.com)	IQAir, Сообщество AirVisualPro
7	https://air-quality.com/	air-quality
8	https://breezometer.com/air-quality-map/	BreezoMeter
9	https://ru.euronews.com/weather/copernicus-air-quality-index	Новостной портал euronews

1.4.2 Анализ распространения – карты охвата сервисами.

Каждый из сервисов, будь он мировым или Российским он охватывает разные города и части стран. На рисунке 4 представлена карта охвата IQAir. На рисунке 5 - карта охвата air-quality. На рисунке 6 - карта охвата breezometer.

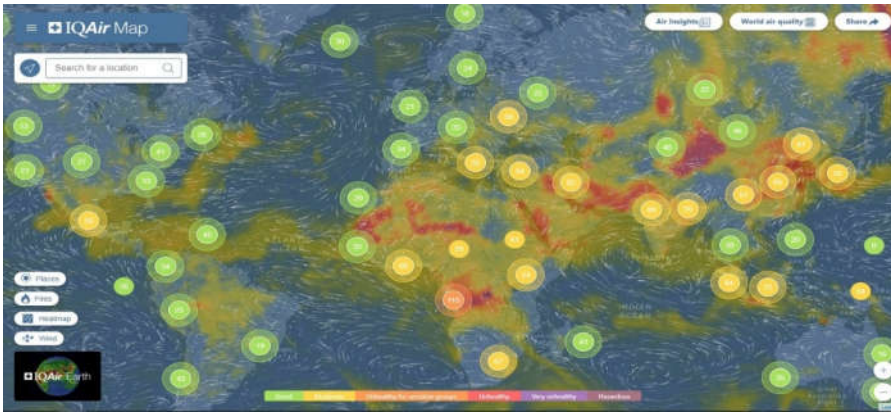


Рис. 4. карта охвата IQAir



Рис.5. карта охвата air-quality

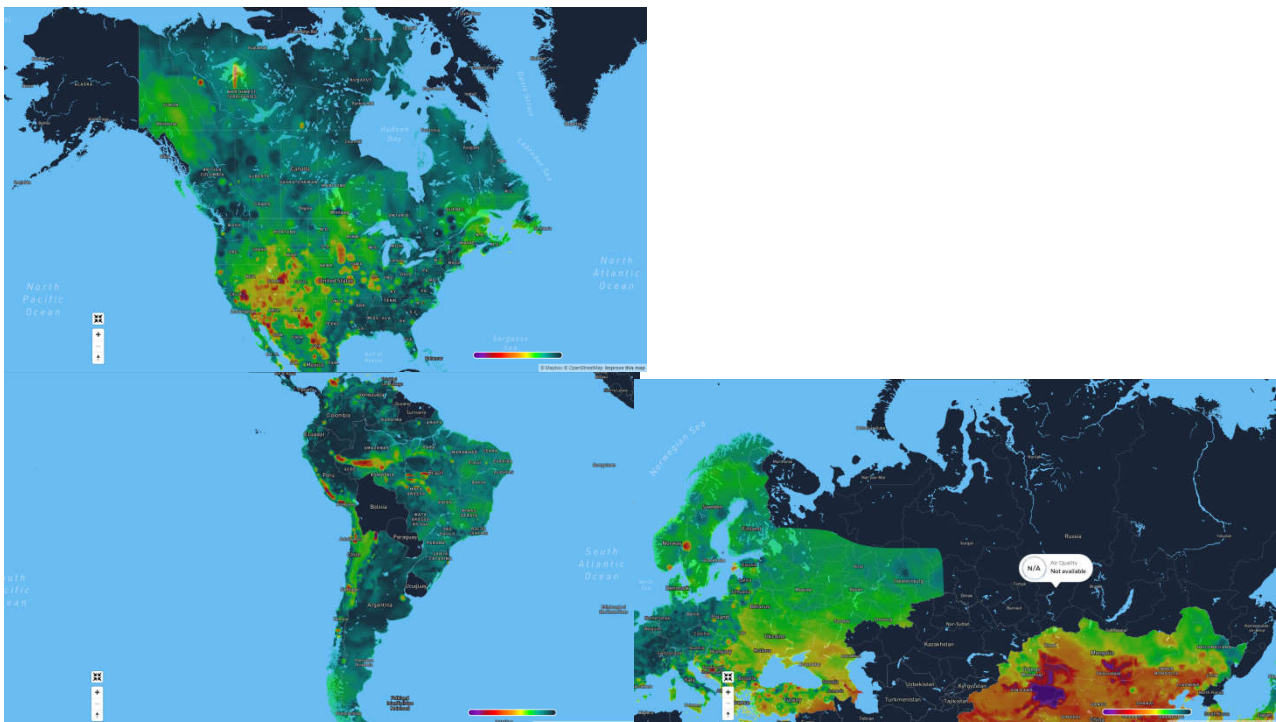


Рис.6 карта охвата breezometer

Исходя из приведенных выше карт, можно сделать вывод, что территория России недостаточно плотно оснащена датчиками для качественной оценки качества воздуха. Основная часть мировых датчиков находится в европейской части России.

I.4.3 Обзор, сравнение сервисов.

Мировые сайты имеют широкий спектр производимых измерений air-quality и World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index производит замеры по PM2.5, PM10, O3, NO2, SO2, CO, а вот IQAir производит замеры только по показателю PM2.5, в дополнение к этому направление и скорость ветра, влажность, температура. Сервис cityair производит замеры уровня PM2.5, PM10, CO, NO2, O3, SO2, H2S, температуры, давления и влажности.

За период с 2017 по 2020 в Красноярске появилось как минимум две системы мониторинга качества воздуха – сервис экологического активиста Игоря Шпехта и продукт Вычислительного центра СО РАН. Наряду с этим в Красноярске действует система экологического мониторинга Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края. Каждая из этих систем обладает своими достоинствами и недостатками. В частности, проект И. Шпехта позволяет определять исключительно концентрацию аэрозоли международного стандарта PM2.5. Система министерства экологии позволяет получать исчерпывающую информацию по уровню загрязнения, но обновления данных происходит с периодичностью в несколько часов, что не позволяет получать информацию в реальном времени. Кроме того, система министерства чрезвычайно дорогостоящая. В любом случае, развернутые на территории Красноярска системы ограничены по своему функционалу. В табл. 4 приведены сравнительные данные (май 2020), развернутых в г. Красноярске систем экологического мониторинга.

**Таблица 4. Сравнительные характеристики систем экологического мониторинга в
Красноярске**

	производитель	Предоставляемые данные			периодичность	Используемый вид приборов	Примерная стоимость за одно устройство
		Метеоданные	Экоданные				
<i>krasecology.ru</i>	Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края	Да	PM2.5 PM10	~ 20 ЗВ ¹ CO ₂ , CO, оксид и диоксид азота, сероводород, углеродные соединения, фториды, формальдегид	От 1 раза в 30 мин до 1 раза за несколько часов формальдегид и ряд др. измеряются а) не везде и б) вручную 1 раз в сутки, кроме выходных	АПН ²	От 15000\$
<i>nebo.live</i>	Игорь Шпехт и сообщество, Красноярск	Да	PM2.5 AQI	CO SO ₂	В реальном времени		~ 100\$ ~7 т.р.
<i>air.krasn.ru</i>	Вычислительный центр СО РАН, Красноярск	Да	PM2.5 PM10 Instant AQI ³	–	1 раз в час	CityAir (Сколково)	От 500\$ >35 т.р.
https://217.144.174.104/eco/index.php <i>Система, предлагаемая авторами</i>	авторы	Да	PM2.5, PM10 Instant AQI	CO ₂ CO Формальдегид уровень ультрафиолета, шума, флук. магн. поля и пр.	В реальном времени	Авторский прибор на платформе Arduino	~3 т.р.

I.5 Критерии точности измерений.

Существует несколько способов оценки точности измерений. Одним из них является построение корреляционной диаграммы сравнения для однотипных данных разных измерительных станций. Именно этот способ

¹ ЗВ – загрязняющие вещества

² АПН – автоматизированный пост наблюдения

³ Instant AQI – мгновенный индекс качества воздуха

описан как основной на сервисе cityair. Этот сервис занимается оценкой качества воздуха в некоторых городах в Европе и Азии. Разработчики данного сервиса говорят: «В оборудовании CityAir используются современные разработки в области сенсорики и нетривиальные инженерные решения. Результаты регулярных сравнительных испытаний показывают, что оно обеспечивает сопоставимую с эталонным оборудованием точность, а значит, может эффективно дополнять существующие сети мониторинга.» на их сайте предоставлена наглядная диаграмма сравнения показания своих приборов с эталонными (рисунок 7).

Этот же способ был описан в одной из зарубежных статей о расчете концентрации PM2.5 в Сибири [4]. Автор так же приводит диаграмму по итогам проведения сравнения своей установки с мировыми общепринятыми показателями.

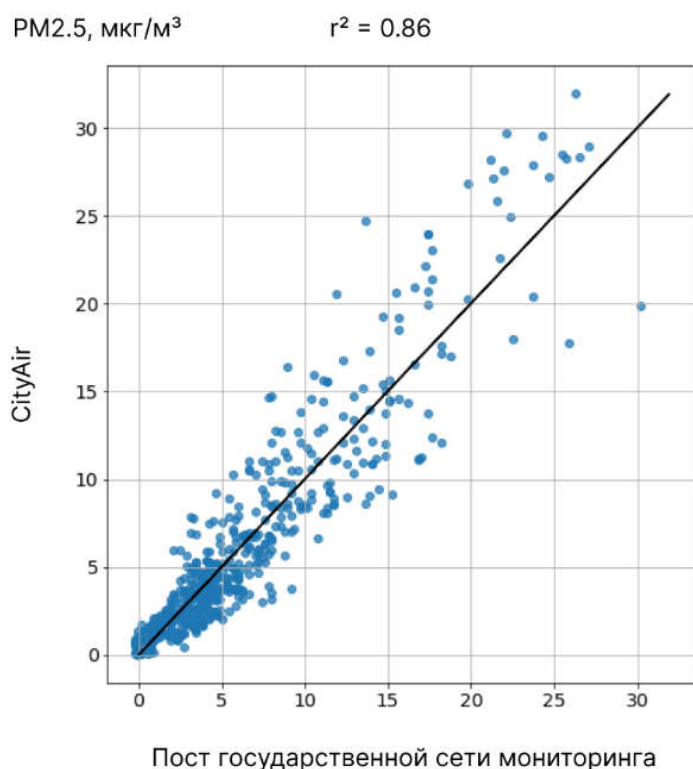


Рис.7. Корреляция данных CityAir и государственных систем мониторинга.

I.6 Используемые датчики и их принцип действия.

В ходе работы нами был изучен широкий спектр различных датчиков, предлагаемый нам рынком. Проведя сравнение по ряду показателей нами были

отобраны следующие датчики. Показателями для отбора являлись: точность измерений, стоимость, простота в подключении и калибровке.

I.6.1 Датчики температуры и влажности DHT22.

Датчики температуры и влажности DHT22 (рисунок 8). DHT22 — довольно известные датчики для определения относительной влажности и температуры, состоят из емкостного датчика влажности и термистора. Также, датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Этот датчик имеет температурный диапазон от -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$ с точностью измерений $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. В отличие от других подобных датчиков, например, DHT11, используемый DHT22 имеет широкий диапазон измерения влажности от 0% до 100%.



Рис.8. Внешний вид датчика температуры и влажности DHT22.

I.6.2 Датчик температуры/давление BMP280.

Датчик температуры/давление BMP280 (рисунок 9). Используется только для измерения давления. Модуль представляет из себя высокоточный цифровой измеритель атмосферного давления на базе микрочипа BMP280 от фирмы BOSCH. После изготовления каждый датчик проходит индивидуальную калибровку в заводских условиях. Его малые размеры, низкое энергопотребление и высокая измерительная способность позволили завоевать популярность среди множества разработчиков Arduino-проектов.

Помимо способности измерять показания атмосферного давления, разработчик наделил BMP280 возможностью определять температуру

окружающей среды. На рисунке №1 показан внешний вид модуля и его электрическая схема.

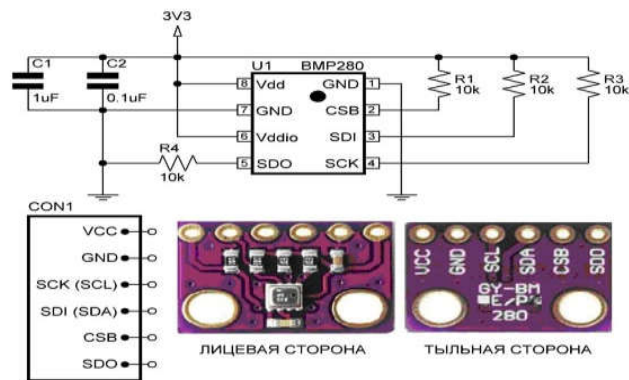


Рис.9. Внешний вид и схема модуля BMP280.

1.6.3 Датчик MQ7

Датчик MQ7 (рисунок 10) — это датчик угарного газа CO. Основным рабочим элементом датчика является нагревательный элемент, за счет которого происходит химическая реакция, в результате которой получается информация о концентрации газа. Поэтому во время работы сенсор будет горячим. Для получения стабильных показаний новый сенсор необходимо один раз прогреть (оставить включённым) в течение 48 часов. После этого стабилизация после включения будет занимать около минуты. Выдаваемый датчиком аналоговый сигнал пропорционален концентрации угарного газа. Показания датчика подвержены влиянию температуры и влажности окружающего воздуха. Поэтому в случае использования датчика MQ7 в изменяющейся среде, при необходимости получения точных показаний, понадобится реализовать компенсацию этих параметров.



Рис.10. Внешний вид датчика MQ7

Характеристики датчика MQ7

- Напряжение питания: 5 В;
- Потребляемый ток: 160 мА;
- Диапазон чувствительности: 10 – 10000 ppm;
- Напряжение нагревателя: 1,5 – 5В;
- Время накала нагревателя: 60 – 90 сек;
- Сопротивление нагревателя: 31 Ом;
- Мощность нагревателя: 350 мВт;
- Сопротивление датчика: 2 – 20 кОм;
- Стандартные рабочие условия:
- температура: -10 ~ +50°C;
- влажность: $\leq 95\%RH$;
- концентрация кислорода: 21\% (стандартные условия);
- Габариты модуля: 22 x 22 x 17 мм;
- Вес модуля: 5 г.

I.6.4 Датчик газа MQ-135

MQ-135 — это простой в использовании датчик газа, широко применяются в робототехнике и системах автоматизации, подходит для Arduino проектов. Датчик газа MQ-135 (рисунок 11). Датчик MQ-135 относится к полупроводниковым приборам. Принцип работы датчика основан на изменении сопротивления тонкопленочного слоя диоксида олова SnO₂ при контакте с молекулами определяемого газа. Чувствительный элемент датчика состоит из керамической трубки с покрытием Al₂O₃ и нанесенного на неё чувствительного слоя диоксида олова. Внутри трубки проходит нагревательный элемент, который нагревает чувствительный слой до температуры, при которой он начинает реагировать на определяемый газ. Чувствительность к разным газам достигается варьированием состава примесей в чувствительном слое.



Рис.11. Внешний вид датчика MQ-135

Глава II. Оригинальные результаты

II.1 Библиографическое и конъюнктурное исследования.

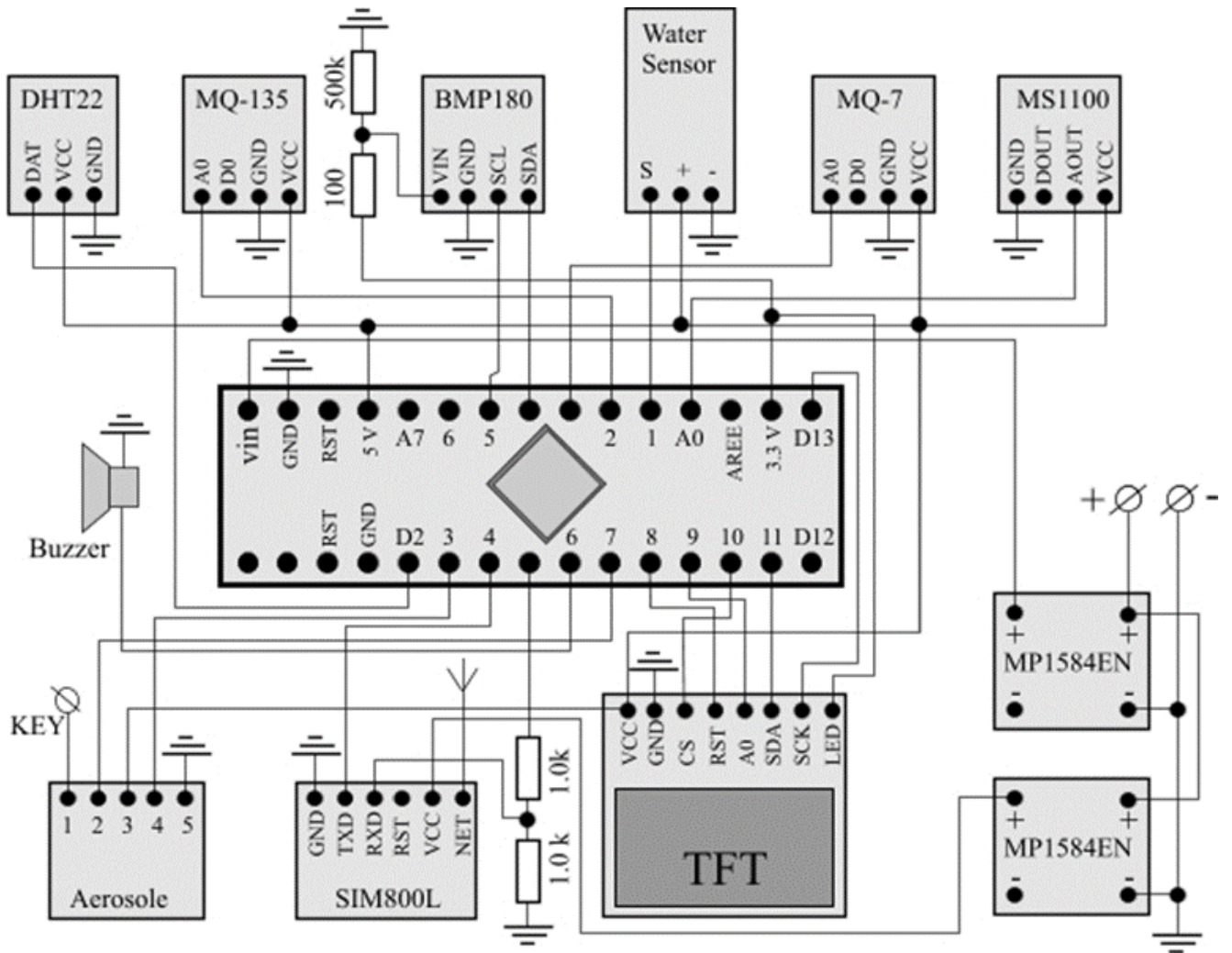
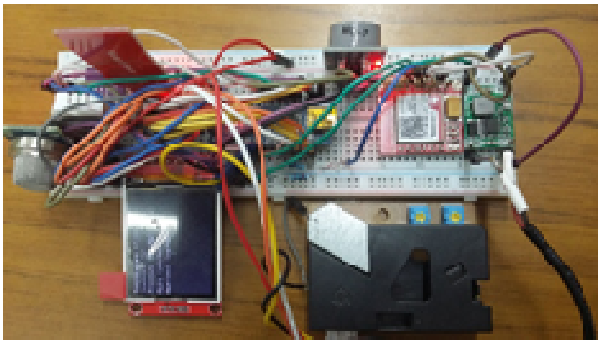
Проведя исследование имеющийся литературы по теме работы (см. Главу I. Теория), выявили:

- Здоровье и самочувствие человека напрямую зависит от качества воздуха.
- Качество воздуха не всегда соответствует общепринятым стандартам.
- Показатели по загрязняющим веществам, несущим вред здоровью человека, зачастую превышают допустимые.
- В настоящее время разработаны критерии оценки качества воздуха, имеются правила расчета соответствующих индексов качества.
- Существует ряд международных и российских экологических сервисов, которые занимаются оценкой качества воздуха, однако они имеют распространение в мире и некоторое распространение лишь на европейской части России.
- Каждый из существующих сервисов имеет свои недостатки.
- Стоимость существующих сервисов очень велика.

II.2 Разработка и описание установки.

II.2.1 Установка

В процессе реализации проекта изготавливаются и калибруются несколько устройств мониторинга на базе платформы Arduino. (Макет экомонитора, работающий прототип устройства и схема подключения датчиков показаны на рисунке 12.). Программирование контроллера производится на языке Си. Для отображения результатов измерения в реальном времени на сервере развернут WEB модуль (Apache) с PHP.



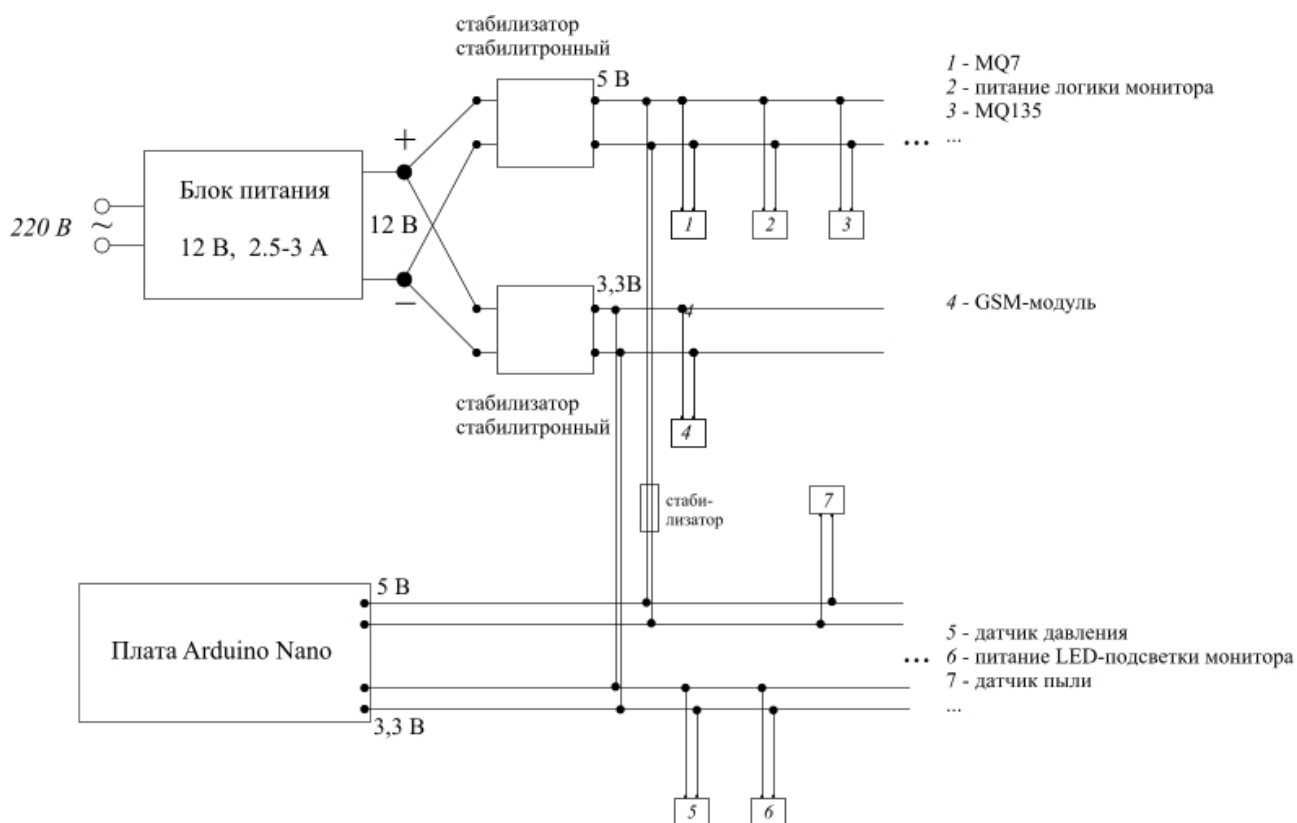


Рис. 12. Слева направо и сверху вниз: макет экомонитора, работающий прототип устройства, схема подключения датчиков и упрощенная принципиальная схема подключения

На данный момент прототип обладает следующими возможностями.

1. Измерение концентраций: углекислого газа, угарного газа, формальдегида, аэрозоли 2.5мкм;
2. Измерение температуры, давления, влажности, индикация наличия осадков;
3. Индикация данных на TFT дисплее, звуковая индикация при SMS запросе данных.
4. Передача собранной информации посредством мобильного интернета на сервер сбора данных, на котором формируется php-страничка с отображением параметров датчиков(<https://217.144.174.104/eco/index.php>)
5. Возможность питания от батареек формфактора АА (8 шт.) или от сети 220 В через адаптер (источник питания 12 В, 2.5-3 А).

Размеры прототипа составляют примерно 18x14 см.

II.2.2 Особенности эксплуатации установки.

- Требования к установке: идеальная высота для размещения составляет 1.5-2 метра, не выше первого этажа построек
- Защита от влаги необходима, так как корпус установки не является герметичным.
- Рабочий температурный диапазон. Почти все датчики корректно работают при температуре от -40 до + 40. Датчик пыли работает в диапазоне -20.. +40. Некоторые из датчиков будут функционировать в диапазоне от -40 до +80.

II.2.2 Питание установки

При питании как от USB – порта, так и от батареи элементов питания напряжение на контактах, подаваемых на датчик давления, флуктуировало в недопустимых пределах – всего несколько десятых вольт на фоне необходимых порядка 5 В, но этого оказывалось достаточно, чтобы плата начинала перегреваться, поэтому, на данный момент, возможно питания от батареек формфактора АА (8 шт.) или от сети 220 В через адаптер (источник питания 12 В, 2.5-3 А).

II.2.3 Калибровка датчиков

Калибровка датчика пыли

Датчик ультрадисперсной пыли DSM501, используемый в установке, способен измерять концентрацию частиц в нескольких диапазонах. Согласно Руководству по эксплуатации (файлы 3-1 Specification DSM501.pdf и DSM501.pdf), это:

1. >2.5 мкм
2. >1.75 мкм
3. >1.0 мкм

Каждый из этих диапазонов становится доступен для измерений, если к одному из выходов датчика будет присоединен соответствующий резистор, а именно, резистор добавляется между выходом pin #1 (control) и pin #5 (земля):

Resistor value	Description
Open	Preset sensitivity (over 2.5 μm)
47K	Half sensitivity (over 1.75 μm)
22K	Equal sensitivity of Vout 2 (over 1 μm)

«Распиновка» датчика следующая:

1. Pin #1 (Control)
2. Pin #2 (Vout2) (снимает показания для частиц > 1 мкм)
3. Pin #3 (Vcc – positive power 5V)
4. Pin #4 (Vout1) - без присоединения добавочного резистора между pin #1 и pin #5 детектирует частицы размером >2.5 мкм
5. Pin #5 (GND - земля)

На рисунке 13 показаны диапазоны размеров частиц, которые могут измеряться датчиком DSM501, и определения стандартов пыли. Особо мелкие частицы стандарта PM1.0 не могут быть детектированы датчиком этого типа. Об этом написано в Руководстве (минимальный размер детектируемых частиц 1 мкм). Поэтому ту **часть концентрации PM2.5**, которую можно найти и которую также находят другие экологические сервисы (от 1 мкм до 2.5 мкм), **можно найти вычитанием уровня сигнала pin #4** (без подключения добавочного резистора между pin #1 и pin #5, см. таблицу в начале раздела) **из уровня сигнала pin #2:**

$$t_{PM2.5} = t_{\#2} - t_{\#4}$$

Ответом служит время $t_{PM2.5}$, в течение которого просвет датчика был перекрыт частицами (см. ниже).

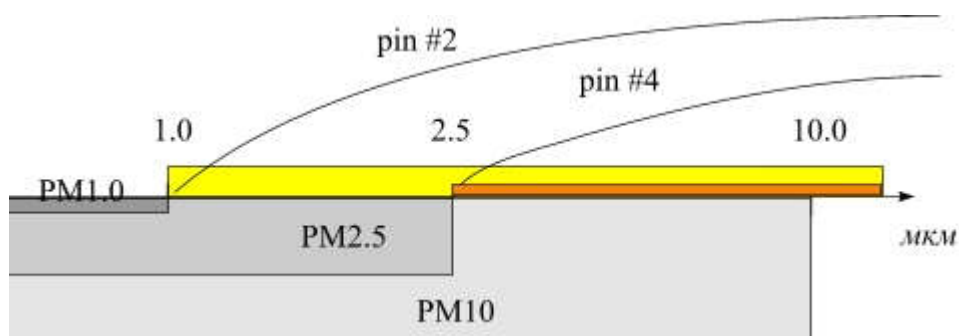


Рис. 13 Используемые диапазоны измерений датчика DSM501 и определения стандартов пыли.

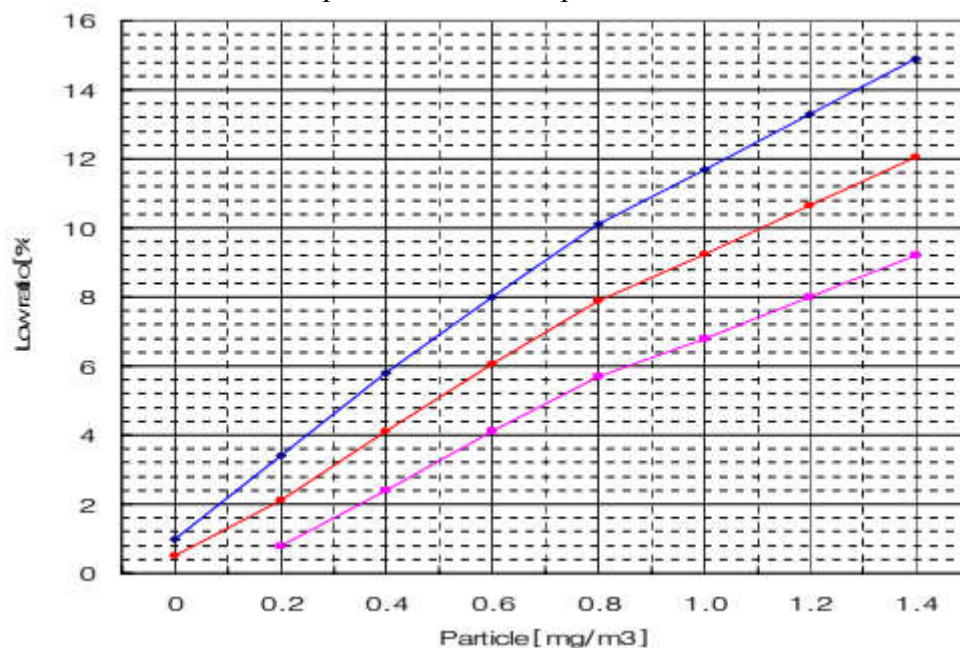


Рис. 14. Калибровочные характеристики

В руководстве по эксплуатации датчика пыли DSM501 приведен график зависимости для его калибровки (рис. 14). Частицам с размером >1.0 мкм здесь соответствует верхний (синий) график (их больше), нижний (розовый) – частицам с размером > 2.5 мкм (их меньше). По горизонтальной оси откладывается концентрация частиц (в $\text{мг}/\text{м}^3$, т.е. фактически плотность). По вертикальной оси отлаживается следующая величина δ («Low ratio»):

$$\delta = \frac{\Delta t}{t} \cdot 100\%.$$

Здесь t - время наблюдения (судя по рисунку 15, $t=30$ сек), Δt - **время перекрытия** просвета датчика (рис. 16) частицами ультрадисперсной пыли, то

есть фактически то суммарное время, в течение которого импульсы тока в датчике отсутствовали (Low – пониженное напряжение). На рисунке отмечено также, что важны только импульсы «молчания» длительностью 10-90 мс⁴. Таким образом, по вертикальной оси откладывается **доля времени, в течение которого датчик фиксировал прохождение ультрадисперсных частиц (в процентах)**.

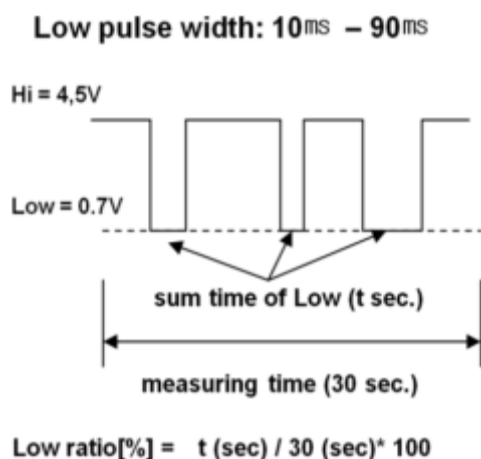


Рис. 15 Импульсы напряжения в датчике пыли

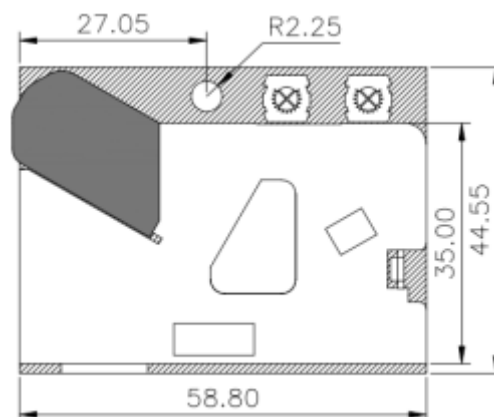


Рис. 16 Схема датчика с отмеченным отверстием для оптического детектирования частиц

В программе-скетче (на СИ) в приложении Arduino 1.8.12 мы считываем показания этих портов (pin #2 и pin #4), далее определяем соответствующие доли времени для этих типов частиц (более 1 мкм и более 2.5 мкм). Затем мы внесли дискретные данные с калибровочного графика (рис.14) в Maple и построили аппроксимирующую кривую в виде многочлена n-ной степени, используя метод наименьших квадратов (см. рисунок 17). Эта кривая позволит определять значения концентрации частиц при произвольном процентном соотношении. Получена следующая зависимость методом МНК для частиц > 1 мкм:

⁴ Это отмечается и в открытом источнике «О том, как правильно использовать датчик пыли DSM501(A)», а именно: "... учитывать стоит лишь импульсы длиной от 10 до 90 мс, а все остальное - это шум. Если учитывать импульсы установленной длины и сравнить с тем, что получается, когда учитываются все импульсы, будет следующая картина. При питании от Arduino таким способом отфильтровывается 50 - 80% ложных срабатываний, а при питании от лабораторного источника питания 5-10%»

$$F(\text{ratio}) = -0.671603752003245e-1 + 5.75509534066971 * \text{ratio} + 117.973808550501 * \text{ratio}^2 - 2251.33632203274 * \text{ratio}^3 + 18800.7734484145 * \text{ratio}^4 - 52137.7504055429 * \text{ratio}^5$$

Аналогично поступаем для нижнего графика, соответствующего размеру частиц > 2.5 мкм. Эти 2 зависимости мы вписываем в скетч Arduino при программировании платы. По ним определяем концентрации соответствующих частиц (более 1 мкм и более 2.5 мкм) и, наконец, **вычитая эти концентрации друг из друга**, получаем искомую концентрацию частиц с размером от 1 мкм до 2.5 мкм – фактически это и есть те частицы, концентрацию которых можно измерить и которые являются большей частью стандарта PM2.5. Подчеркнем, что вычитать нужно не функции, а концентрации, естественно, полученные по этим функциям.

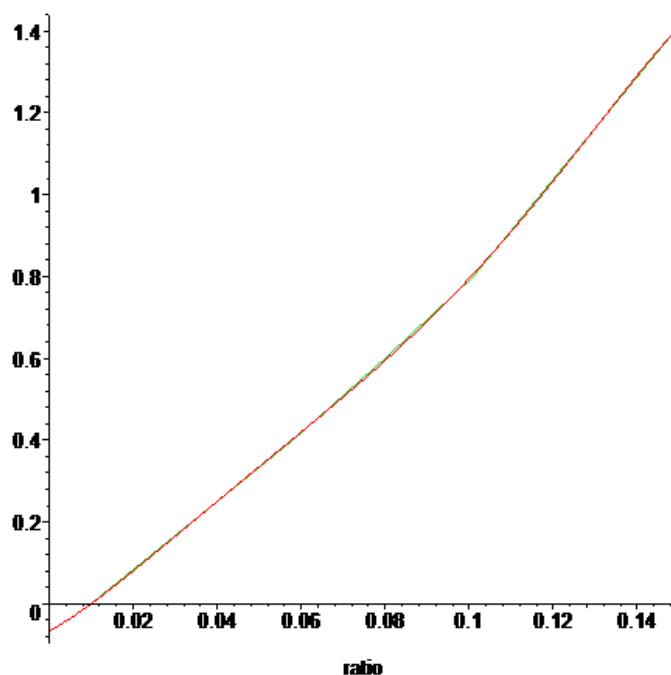


Рис. 17 Калибровочная зависимости ее аппроксимация с помощью метода наименьших квадратов (Maple). Расхождения почти незаметны

Во время работы с датчиком пыли было установлено, что наличие большого числа датчиков, подключенных к тому же контроллеру (плате Arduino), к сожалению, критическим образом сказывается на качестве данных, иными словами, результаты измерений при этом не совпадают с данными других сервисов (возможно, помехи, уменьшение номинального напряжения на датчике или что-то другое). В случае, если датчик пыли присоединен к плате один, все показания приходят в норму. Таким образом, ближайшей задачей группы будет разработка изменения базовой модификации установки с целью «облегчить» ее. Возможно, это будет

осуществляться путем перехода к контроллеру Arduino Uno большей вместительности или путем исключения из платы Arduino Nano части датчиков.

Мы выяснили, что в настоящее время разработчиками технологии Arduino создана специальная СИ-библиотека для расчета концентрации ультрадисперсной пыли. Ее использование может быть вариантом при написании соответствующего скетча.

II.3 Компоненты установки и цены

На данный момент установка обладает рядом датчиков, которые позволяют измерять концентрации углекислого газа, угарного газа, формальдегида, аэрозоли 2.5мкм, а также температуру, давление, влажность и наличие осадков. Стоимость комплекта для сборки одного устройства составил 2700 рублей (таблица 5).

Таблица 5. Компоненты установки и дополнительные модули с ценами

Компоненты установки				Доп. модули для расширения функционала			
N	Название	Марка	Цена	N	Название	Марка	Цена
1	Датчик дождя		70	1	Датч. ультрафиолета	GUVA-S12SD	170
2	Температ/Влажность ⁵	DHT22	210	2	Дат. Магн. поля	Gy-273	150
3	Температ/Давление ⁶	BMP280	60	3	Освещенность	GY-302	100
4	Угарный газ	MQ-7	130	4	Мутность воды	<u>CJMCU-1100</u>	450
5	Аэрозоль	<u>DSM501A</u>	300	5	Громкость звука		600
6	CO2	MQ-135	130	6	Провода	<u>TMB09A05</u>	1
7	Формальдегид	<u>CJMCU-1100</u>	450	7	Контроллер		200
8	TFT Экран (2.4 ´)		310	8	Контроллер	MEGA2560	500
9	Модуль GSM	SIM800L	120	9	Блок питания	NANo	200
10	Контроллер	NANo	200				
11	Блок питания		120				
12	Зуммер	<u>TMB09A05</u>	1				
13	Провода		200				
14	Корпус		400				
	Итого:		2700				

⁵ - датчик используется для измерения температуры и влажности

⁶ - используется только для измерения давления

Планируется расширение функционала путем добавления следующих возможностей: измерение уровня ультрафиолета, величины магнитного поля, освещенности, громкости звукового поля, уровня мутности жидкостей.

II.4 Конкурентные преимущества предлагаемой системы

Доступность периферии и контроллеров подчеркивает достоинства нашего устройства – дешевизну, тиражируемость и масштабируемость наряду с возможностями мгновенного получения данных измерений и мобильностью. Это делает технологию “Arduino” перспективной для использования в спецпрактикуме.

- дешевизна
- тиражируемость
- масштабируемость
- возможность мгновенного получения данных измерений
- мобильность

II.5 Анализ качества получаемых данных.

Так как сайт министерства экологии по формальдегиду показывает соотношение получаемых данных с нормой ПДК и обновление данных происходит 1 раза в несколько дней, а наша установка дает четкие показатели, которые обновляются 2 раза в минуту, мы не смогли произвести соотношения в каждый временной период, но нам удалось построить график, полученных нами данных и соотнести с данными с сайта министерства экологии за сутки. Сайт министерства показал нам, что в наблюдаемый период превышение норм ПДК по формальдегиду было 3,6. Учитывая, что норма ПДК составляет 35 мкг/м^3 , следовательно, показания с данного сайта можно приравнять к 125 мкг/м^3 , в то время как экспериментальная установка показывала от 93 до 97 единиц в разное время суток. Погрешность в измерениях можно объяснить тем, что хоть обе установки и находятся в

одном районе города, но расположены на разных улицах и между ними есть различия в показаниях. Так же отметим, что данные полученные с сайта министерства экологии не обновлялись несколько дней, это еще раз подчеркивает недостатки уже существующих систем. Все полученные нами данные можно увидеть в таблице 6.

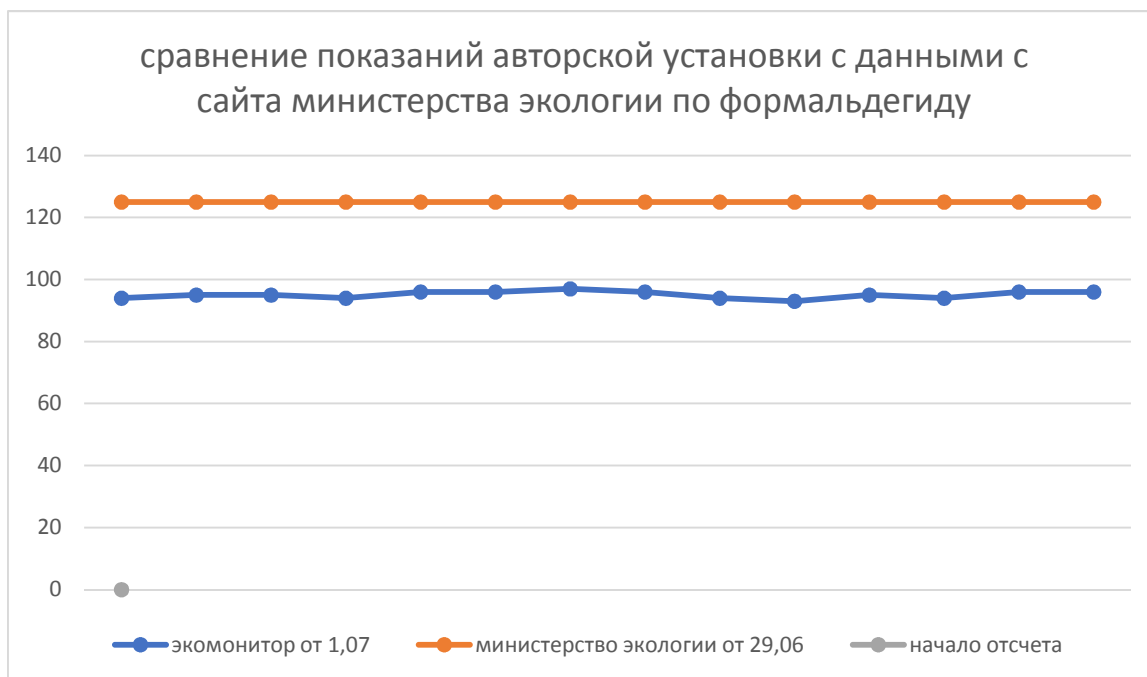


Таблица 6. Сравнение показаний авторской установки с данными с сайта министерства экологии по формальдегиду.

II.6 Анализ данных.

Результаты наблюдений за качеством атмосферного воздуха в Красноярске с помощью опытной установки свидетельствуют по ряду параметров об их согласии с данными других экологических сетей, в частности, превышение концентрации формальдегида (2-ой класс опасности) зачастую достигает значений до 8 ПДК_{мр}.

II.7 Разработка сайта.

II.7.1 Способ взаимодействия установки с сайтом

Данные о состоянии атмосферы аккумулируются на выделенном сервере. Передача данных на сервер от экомониторов производится посредством сети Интернет (технология мобильной передачи данных). Для этого все устройства оснащены GSM модулями. На сервере производится аналитическая обработка данных, их хранение, статистический анализ и пр. Помимо этого, предусмотрена возможность непосредственного подключения экомонитора к компьютеру через USB порт. В этом случае обработка данных может производиться программой, реализованной на языке Delphi и в программном комплексе LabView. Интерфейс программы обработки данных показан на рисунке 18.

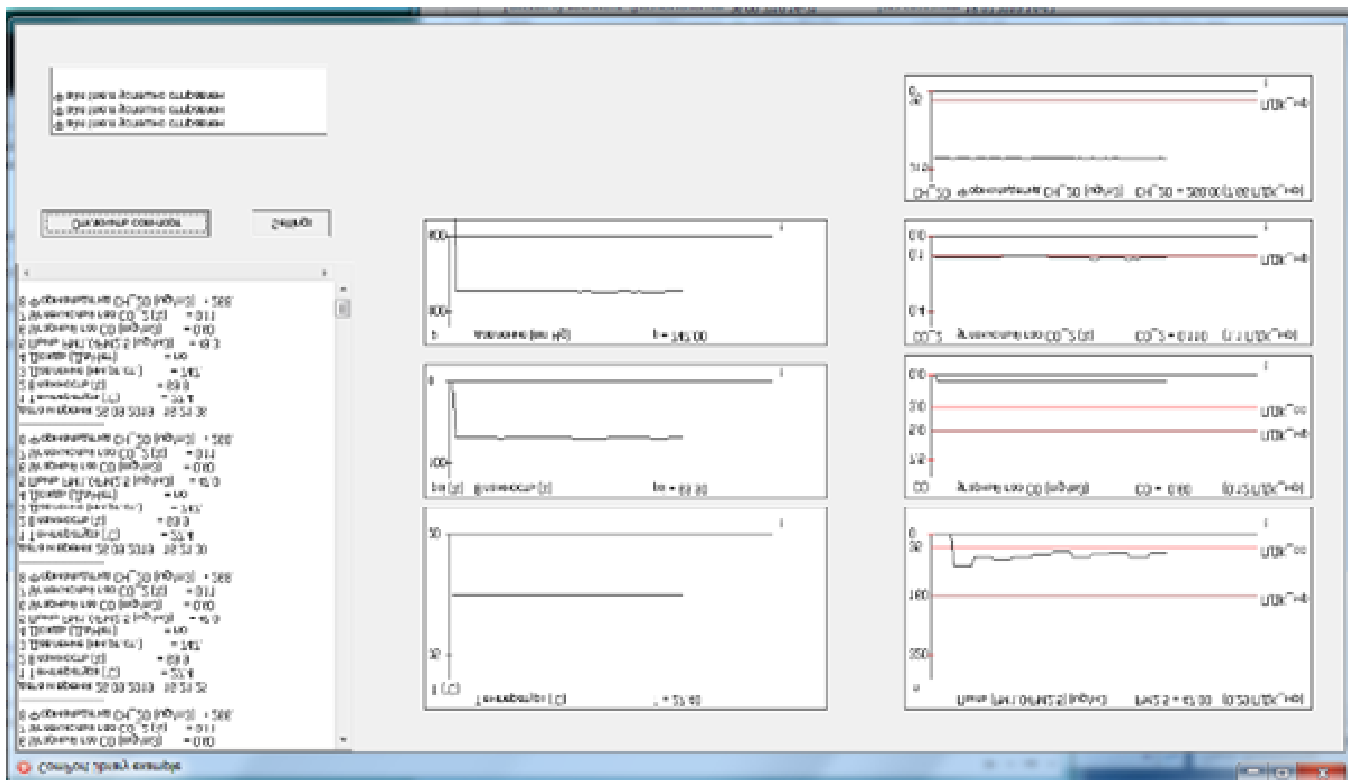


Рис.18. Пример окна Delphi-приложения для обработки данных измерений.

II.7.2 Политика сайта

Сайт находится в разработке, в настоящее время находится по адресу <https://217.144.174.104/eco/index.php>. Внешний вид данных показан на рисунке 19. Верхний блок данных соответствует текущим данным установки, два других заготовлены для подключения новых установок. Планируется, что сайт будет осуществлять сбор, хранение метео-экологических данных, их графическое представление и предоставление пользователям с исследовательской целью.

Возможно также получение данных установки по звонку на мобильный номер +79632552315 с одного из «белых» номеров, прописанных в СИ-прошивке к контроллеру Arduino. В этом случае в ответ приходит смс с данными такого вида:

31H49p750na102u1g0.01f105

Здесь кратко записаны следующие данные: 31 – Температура (в градусах Цельсия), H49 – влажность (Humidity, 49, в %), p750 – давление (pressure, 750, в мм. рт. ст.), n - дождя нет, a102 – аэрозоль (PM2.5, 102, в мкг/м³), u1 – CO (1, в мг/м³), g0.01- CO₂ (0.001, в ppm), f102 – формальдегид (102, в мкг/м³).

II.8 Перспективы

Предполагается разместить устройства в разных точках города и объединить в единую сеть. В разработке находится система из 9 аналогичных установок, имеющая целью мониторинг экологической ситуации в городе Красноярске.

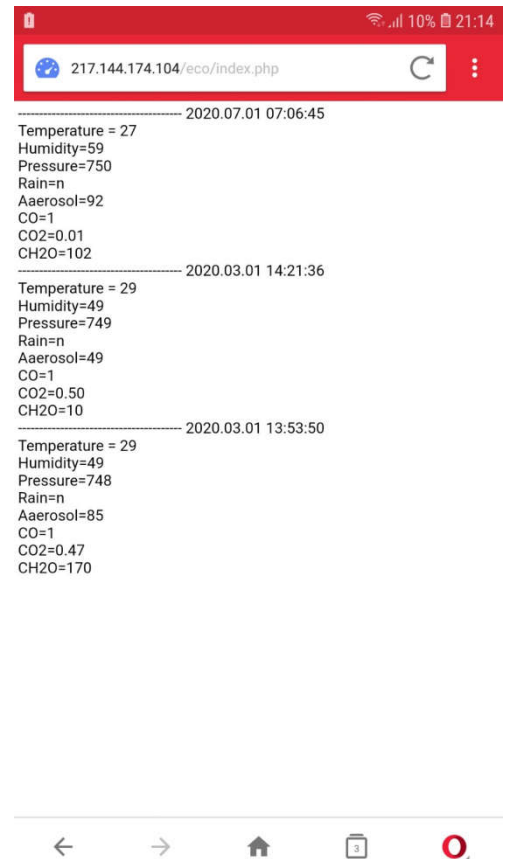


Рис. 19. Текущий вид html-страницы.

Глава III. Разработка серии научных семинаров для школьников по теме работы

III.1 Общие сведения о практикуме

Прохождение данного практикума обеспечит:

- Формирование системы знаний по экологии и программировании и калибровке датчиков;
- Умениями выдвигать гипотезы подтверждать или опровергать их на практике;
- Владение методами самостоятельного планирования и проведения физических экспериментов, описания и анализа полученной измерительной информации.

Данный практикум позволит учащимся:

- Ознакомиться с различными сервисами по изучению качества атмосферного воздуха;
- Познакомиться на практике с используемыми датчиками;
- Научиться работать с датчиками и микросхемами;
- Познакомиться на практике с Delphi-программой;
- Познакомиться с программированием на языке СИ;
- Представить результаты групповой работы в виде исследовательского проекта.

Цель курса: повышение интереса учащихся к качеству атмосферного воздуха в их регионе, конструирование и программирование экомонитора на базе контроллеров типа Arduino.

Задачи курса:

1. Изучение теоретических вопросов, связанных с экологией, с качеством воздуха;

2. Изучение теоретических вопросов, связанных с программирование и калибровкой датчиков;
3. Знакомство с принципами работы и подключения датчиков к Arduino;
4. Конструирование учащимися экомонитора.

Длительность курса: рассчитанных на 17 часов. Данные часы планируется получить за счет грантовых программ.

Практикум имеет прикладной характер, но не исключает обширной теоретической части. Эта часть может включать в себя исторические исследования вопроса, глубокий статистический анализ собранных данных, проработку стратегии экологической безопасности, элементы прогнозирования и пр. Участники практикума периодически выступают с докладами о своих промежуточных достижениях на общих семинарах. На такие встречи могут быть вынесены доклады о воздействии на природу различных веществ, об изменении климата, об элементах статистического анализа данных и пр.

Конечным результатом всей работы является система работающих установок, передающих и отображающих всю информацию на сайте. Как сам проект в целом, так и его промежуточные этапы, и, главное, результаты работы сети экомониторов, несомненно, должны быть представлены на конференциях разного уровня: ученических, студенческих, всероссийских и международных. Потенциал практикума позволяет получать научные и практические результаты, достойные для представления их в научных статьях в авторитетных международных изданиях.

Итогом курса будет выступление учащихся с докладами о проделанной работы с представлением своей установки, которую они сконструировали в ходе работы по практикуму. Оценить усвоение материала поможет итоговое тестирование, содержащее теоретические вопросы по всему практикуму (приложение 3).

Методические составляющие

- Входной опрос
- Выходной опрос

- Конспекты уроков
- Почасовое планирование
- Задания к практикуму
- Глоссарий
- Итоговый тест

III.2 Конспекты уроков

Первый урок: «знакомство»

Класс: 10-11

Тип занятия: урок

Задачи урока:

- **Образовательные:** формирование навыков самостоятельно поиска необходимой информации, умения сравнивать и анализировать полученную информацию Формирование умения слушать и понимать педагога.
- **Воспитательные:** воспитать чувство ответственности, уважительное отношение к предметам и мнению одноклассников, воспитание экологического и гуманистического мышления, терпимого отношения к взглядам и точкам зрения других людей, их жизненной позиции и образу жизни.
- **Развивающие:** развитие у учащихся мотивации на осуществление учебной деятельности.

Оборудование: проектор, компьютер, презентация к уроку, индивидуальный компьютер для каждого ученика.

Учитель:

Приветствие учеников.

Данный факультативный курс предполагает индивидуальную и групповую работу, изучение материалов по экологии, конструированию и программированию. Целью данного практикума является: создание системы экологического мониторинга в городе Красноярск. Ребята, что вы знаете про

качество воздуха в нашем городе? Может быть вам известны мировые или региональные сервисы, которые отображают качества воздуха в нашем городе.

Учащиеся:

Отвечают на поставленный вопрос, приводят примеры.

Учитель:

Давайте познакомимся с мировыми сайтами, которые отслеживают качества воздуха. Для знакомства предлагаю [iqaір](#), [waqi.info](#). предлагаю вам самостоятельно поработать с этими сайтами.

Учащиеся:

Учащиеся самостоятельно работают с сайтами. Оценивают преимущества и недостатки удобства работы с сайтом. И каждый из учеников пытается получить и сравнить данные с двух сайтов об одной и той же точки на карте. Каждый сам выбирает, что это будет.

Учитель:

Так же помимо мировых сайтов есть и сайт, разработанный нашим соотечественником Игорем Шпехт. Его проект называется [nebo live](#). Предлагаю вам взглянуть на доску и оценить удобство работы и с этим сервисом. Учитель демонстрирует сайт и все его Функции.

Учащиеся:

Внимательно наблюдают за демонстрацией данного проекта на доске.

Учитель:

Проект И. Шпехта позволяет определять исключительно концентрацию аэрозоли международного стандарта $PM_{2.5}$. $PM_{2.5}$ -это воздушный загрязнитель, в состав которого входят как твердые микрочастицы, так и мельчайшие капельки жидкостей. И те, и другие размером примерно от 10 нм до 2,5 мкм.

Так же помимо сайтов, которые занимаются мониторингом качества воздуха хотелось бы отметить ряд статей. Одной из интересующих нас статей является статья «14 ядов, которыми дышит каждый красноярец»

опубликованная на newslab. Данная статья говорит о том, что воздух в Красноярске не слишком полезен для здоровья. Так же статья «Российский город возглавил список самых экологически грязных на планете» будет нам интересна. Предлагаю к следующему уроку вам всем подготовить небольшие интересные факты и доклады.

Предлагаю темы для сообщений:

1. 14 ядов, которыми дышит каждый красноярец (выступление по статье, краткий пересказ).
2. Российский город возглавил список самых экологически грязных на планете (выступление по статье)
3. Вещества, загрязняющие атмосферу.
4. Предельно допустимая концентрация (максимально разовая, среднесуточная).
5. Воздействие на природу различных загрязняющих веществ.
6. Воздействие на человека различных загрязняющих веществ.

Учащиеся могут самостоятельно взять интересующую их тему, которая имеет отношение к общей теме практикума.

Второй и третий уроки: «доклады учащихся»

Класс: 10-11

Тип занятия: конференция

Задачи урока:

- Образовательные: формирование навыков самостоятельно поиска необходимой информации, умения работать с различными источниками информации, выделять нужные материалы.
- Воспитательные: воспитание таких личностных качеств как умения преодолевать трудности, усидчивость, умение слушать и слышать, сила воли.
- Развивающие: Формирование и развитие умения рассуждать логично, излагать свои мысли четко и исчерпывающе, уметь слушать и на основании полученной информации делать выводы и задавать вопросы.

Оборудование: проектор, компьютер.

Учитель:

Контролирует ход урока, выступает в роли модератора, задает вопросы.

Учащиеся:

Выступают с докладами, слушают выступления одноклассников и задают вопросы друг другу.

Домашнее задание: разбиться на 3 групп, каждая группа выбирает себе один из сайтов и готовит доклад «плюсы и минусы работы данного сервиса.»

1. krasecology.ru
2. nebo.live
3. air.krasn.ru

Четвертый урок: «изучение мировых и региональных сайтов»

Класс: 10-11

Тип занятия: конференция

Задачи урока:

- Образовательные: формирование навыков самостоятельно поиска необходимой информации, умения работать с различными источниками информации, выделять нужные материалы.
- Воспитательные: воспитание таких личностных качеств как умения преодолевать трудности, усидчивость, умение слушать и слышать, сила воли.
- Развивающие: Формирование и развитие умения рассуждать логично, излагать свои мысли четко и исчерпывающе, уметь слушать и на основании полученной информации делать выводы и задавать вопросы.

Оборудование: проектор, компьютер.

Учитель:

Контролирует ход урока, выступает в роли модератора, задает вопросы.

Учащиеся:

Выступают с докладами, слушают выступления одноклассников.

Результатом работы на уроке является заполненная таблица

достоинства недостатки

krasecology.ru

nebo.live

air.krasn.ru

Пятый - седьмой уроки: «изучение датчиков»

Класс: 10-11

Тип занятия: урок-изучение нового материала

Задачи урока:

- **Образовательные:** формирование умения слушать и понимать педагога, конспектировать учебную информацию, работать с конспектами, схемами и макетами.
- **Воспитательные:** оказание положительного влияния на профессиональное самоопределение учащихся.
- **Развивающие:** развитие у учащихся мотивации на осуществление учебной деятельности.

Оборудование: проектор, компьютер, презентация к уроку.

Учитель:

Подробный рассказ обо всех используемых датчиках их параметры, правила калибровки, подключения к Контроллер NANO и их программирование.

1. Датчик дождя
2. Температ/Влажность DHT22
3. Температ/Давление BMP280
4. Угарный газ MQ-7
5. Аэрозоль DSM501A
6. CO2 MQ-135
7. Формальдегид CJMCU-1100

Учащиеся:

Конспектируют информацию, задают интересующие их вопросы

Результат урока: конспект

Восьмой – тринадцатый уроки: «конструирование эко монитора и калибровка датчиков»

Класс: 10-11

Тип занятия: практическое занятие

Задачи урока:

- **Образовательные:** формирование необходимых трудовых навыков, обеспечение контроля, получаемых знаний, умений и навыков.
- **Воспитательные:** Воспитание у учащихся ответственного отношения к учебе, ответственности за результаты своего учебного труда, соблюдение правил и техники безопасности.
- **Развивающие:** Развитие у учащихся волевых качеств, самостоятельности, умения стойко преодолевать трудности в обучении, посредством организации разнообразных проблемных ситуаций, включения в учебный процесс творческих заданий

Оборудование: все необходимые составляющие для эко монитора, компьютер.

Учитель:

Контролирует ход урока, помогает учащимся на всех этапах уроков.

Учащиеся:

Проектируют и конструируют установку, калибруют все датчики, программируют установку.

Результат: работающая установка

Четырнадцатый-пятнадцатый уроки «итоговое занятие»

Класс: 10-11

Тип занятия: проверка знаний

Задачи урока:

- **Образовательные:** обеспечение контроля, получаемых знаний, умений и навыков по изучаемому учебному предмету.
- **Воспитательные:** Воспитание у учащихся ответственного отношения к учебе, ответственности за результаты своего учебного труда.
- **Развивающие:** Развитие умений качественно и всестороннее освещать излагаемый материал.

Оборудование: проектор, компьютер, собранные ребятами экомониторы

Учитель:

Контролирует ход урока, проводит итоговое тестирование.

Учащиеся:

Выступают с докладами о проделанной работе и проходят итоговое тестирование (приложение 3).

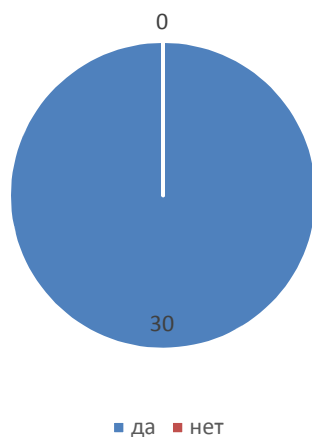
III.3 Дидактические материалы.

III.3.1 Входной опросник.

1. Есть ли у вас в расписании уроки экологии?
 - a. Да
 - b. Нет
2. Проводятся ли у вас в школе уроки экологии?
 - a. Да проводятся
 - b. Нет, не проводятся. Ничем не заменяются.
 - c. Нет, не проводятся. Заменяются другими предметами.
3. Знаете ли вы что такое парниковый эффект?
 - a. Да
 - b. Нет
4. Знаете ли вы какие вещества загрязняют окружающую среду?
 - a. Да
 - b. Нет
5. Знаете ли вы о существовании мировых и региональных сайтах, по отслеживанию качества воздуха?
 - a. Знаю, посещаю.
 - b. Знаю, но не посещаю.
 - c. Не знаю.
6. Ваша семья сортирует мусор?
 - a. Нет
 - b. Отдельно утилизируем только лампочки и батарейки.
 - c. Отдельно утилизируем только пластиковые бутылки.
 - d. Да, полностью сортируем весь мусор.

III.3.2 Результаты опросника

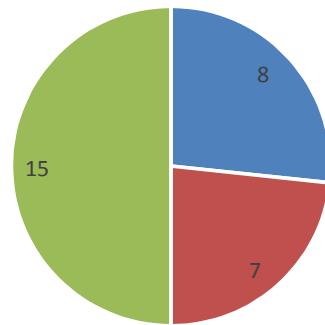
Есть ли у вас в расписании уроки экологии?



Проводятся ли у вас в школе уроки экологии?



Знаете ли вы о существовании мировых и региональных сайтах, по отслеживанию качества воздуха?



■ знаю и посещаю ■ знаю, но не посещаю ■ не знаю

III.3.3 Контрольные вопросы к уроку

1. Дайте определение следующим понятиям и единицам измерения:

Пдк

ПДК (мр)

ПДК (сс)

Ug

Промилле

PM2.5

PM1.0

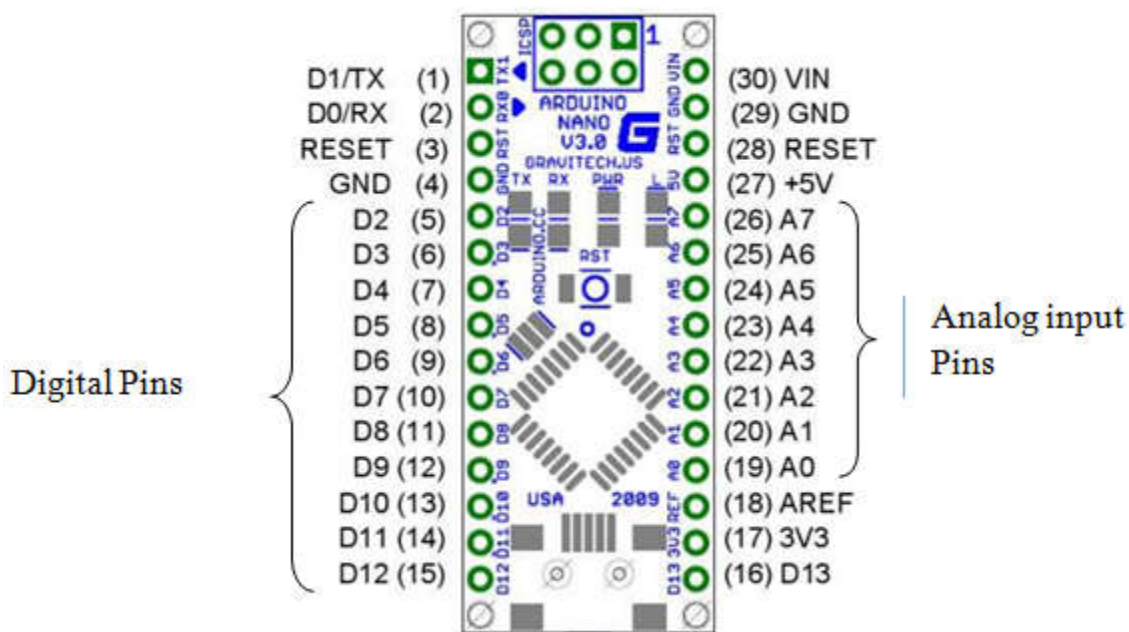
PM10

2. Из скольких бит состоит сообщение, передаваемое датчиком температуры и влажности DHT22?
3. Что измеряет Датчик MQ7 и каковы его характеристики?
4. Как работает Датчик температуры/давление BMP280 в режиме NORMAL?
5. На чем основывается принцип работы Датчика газа MQ-135?
6. Каков порядок действий при калибровке датчика MQ7?

III.3.4 Задания к урокам

Задание 1. Знакомство с платой Arduino-Nano

1. Рассмотрите рисунок, ознакомьтесь с типами и функциями контактов платы Arduino-Nano.
2. **Запомните:** такая схема с указанием функционала контактов платы называется ее «распиновкой»
3. Ознакомьтесь с используемыми терминами (см. Глоссарий внизу)
4. Найдите все эти клеммы на самой плате



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 – TX (передача UART) или порт D0; | 17 – напряжение 3,3 В; |
| 2 – RX (прием UART) или порт D1; | 18 – опорное напряжение АЦП; |
| 3,28 – сброс (RESET); | 19...26 – 8 каналов АЦП А0...А7; |
| 4,29 – земля (GND); | 27 – напряжение 5,0 В; |
| 5...16 – порты D3...D13; | 30 – плюс питания модуля 2-20 В |

Рис. 20. Распиновка платы Arduino Nano

Глоссарий

АЦП - Аналоговый цифровой пин

TX и RX – термины из радиотехники, они означают каналы, которые передают или получают сигналы:


T — Transceive (отправление)

R — Recieve (получение)

UART (**Universal asynchronous receiver/transmitter** или по-русски **универсальный асинхронный приемопередатчик**) - интегральная микросхема для организации связи посредством последовательного интерфейса

Последовательный интерфейс для передачи данных использует одну сигнальную линию, по которой информационные биты передаются друг за другом **последовательно**. Отсюда название **интерфейса** и порта. Английские термины - Serial **Interface** и Serial Port (иногда их неправильно переводят как "серийные"). **Последовательная** передача позволяет сократить количество сигнальных линий и увеличить дальность связи.

COMmunication port (COM-порт) -
двунаправленный **последовательный интерфейс**

Наиболее часто для последовательного порта персональных компьютеров используется стандарт сканера, модема или мыши. Сейчас он используется для соединения с источниками бесперебойного питания, для связи с аппаратным и средствами разработки встраиваемых вычислительных систем (наш случай). COM-порты в операционной системе Windows – это именованные каналы для передачи данных, называемые обычно COM1, COM2 и тд. по порядку обнаружения драйверов соответствующих устройств. Принятое условное обозначение последовательного порта: 

Порты компьютера – это разъемы, служащие для подсоединения к системному блоку разнообразных **периферийных устройств**. Название «порт», применительно к компьютеру, заимствовано из электронной техники, где портом ввода-вывода называют техническое обеспечение для обмена данными между контроллером (или процессором) и подключаемым устройством. Так же и в компьютере, порты принимают и передают информацию с устройства, расположенного вне системного блока.

Программируемый **параллельный интерфейс (ППИ)** позволяет организовать обмен 8–разрядными операндами между микропроцессором и внешними устройствами (ВУ) по трем каналам. Направление обмена и режим работы каждого канала задаются программно путем записи управляющего слова. Для передачи бит в слове используются отдельные сигнальные линии, и биты передаются одновременно.

Параллельные интерфейсы используют логические уровни ТТЛ (транзисторно-транзисторной логики), что ограничивает длину кабеля из-за невысокой помехозащищенности ТТЛ-интерфейса. Параллельные интерфейсы используют для подключения принтеров и др. Передача данных может быть как однонаправленной (*Centronics*), так и двунаправленной (*Bitronics*). Порты, реализующие параллельный интерфейс, называются РС- (Parallel Community) или LPT – портами (Line Print Terminal (построчный принтерный терминал)).

В настоящее время как последовательные, так и параллельные порты устарели, на смену им пришли **универсальные USB – порты**. Передача информации здесь происходит последовательно, как в COM порту, но скорость ее передачи значительно выше.

Задание 2. Подключение датчика давления к контроллеру Arduino-Nano

Что потребуется: плата Arduino-Nano, датчик давления BMP-280, соединительные провода

1. Соедините «землю» датчика с «землей» контроллера (GND)
2. подайте напряжение на датчик с клеммы 3,3 В (пин 17)
3. Присоедините контакт SDA датчика к пину A4, контакт SCL – к пину A5. (Контакты A4 и A5 выбираются с учетом их поддержки интерфейса I2C. Сам датчик работает от напряжения 3,3 В, а Ардуино – от 5 В, поэтому на модуле с датчиком установлен стабилизатор напряжения)

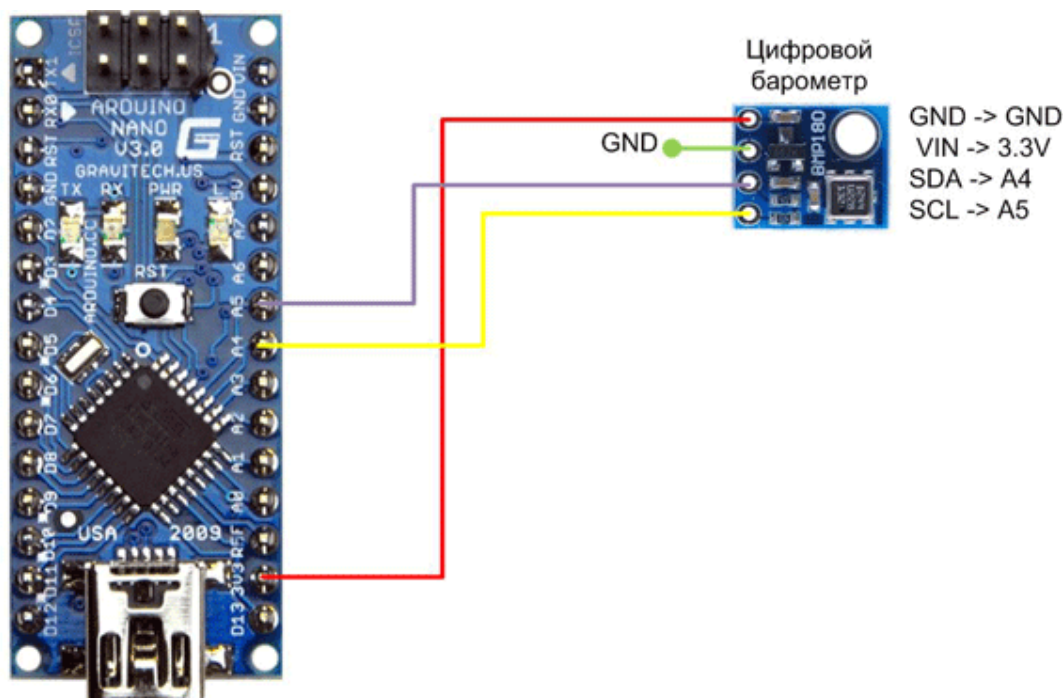


Рис. 21. Схема подключения датчика давления

Задание 3. Программирование платы (написание «скетча»)

1. Запустите программу Arduino 1.8.12
2. Подключаем в программе одну из ниже описываемых библиотек. Для работы с датчиком BMP180 существуют различные библиотеки, упрощающие работу. К ним относятся SFE_BMP180, Adafruit_BMP085. Эти же библиотеки подходят для работы с датчиком BMP080. Для датчика bmp280 используется похожая библиотека Adafruit_BMP280.

```
#include <BMP085.h>           // Подключаем библиотеку BMP (BMP180 Давление)
```

3. Для программирования датчика давления в окне редактора программы далее нужно написать примерно такой код:

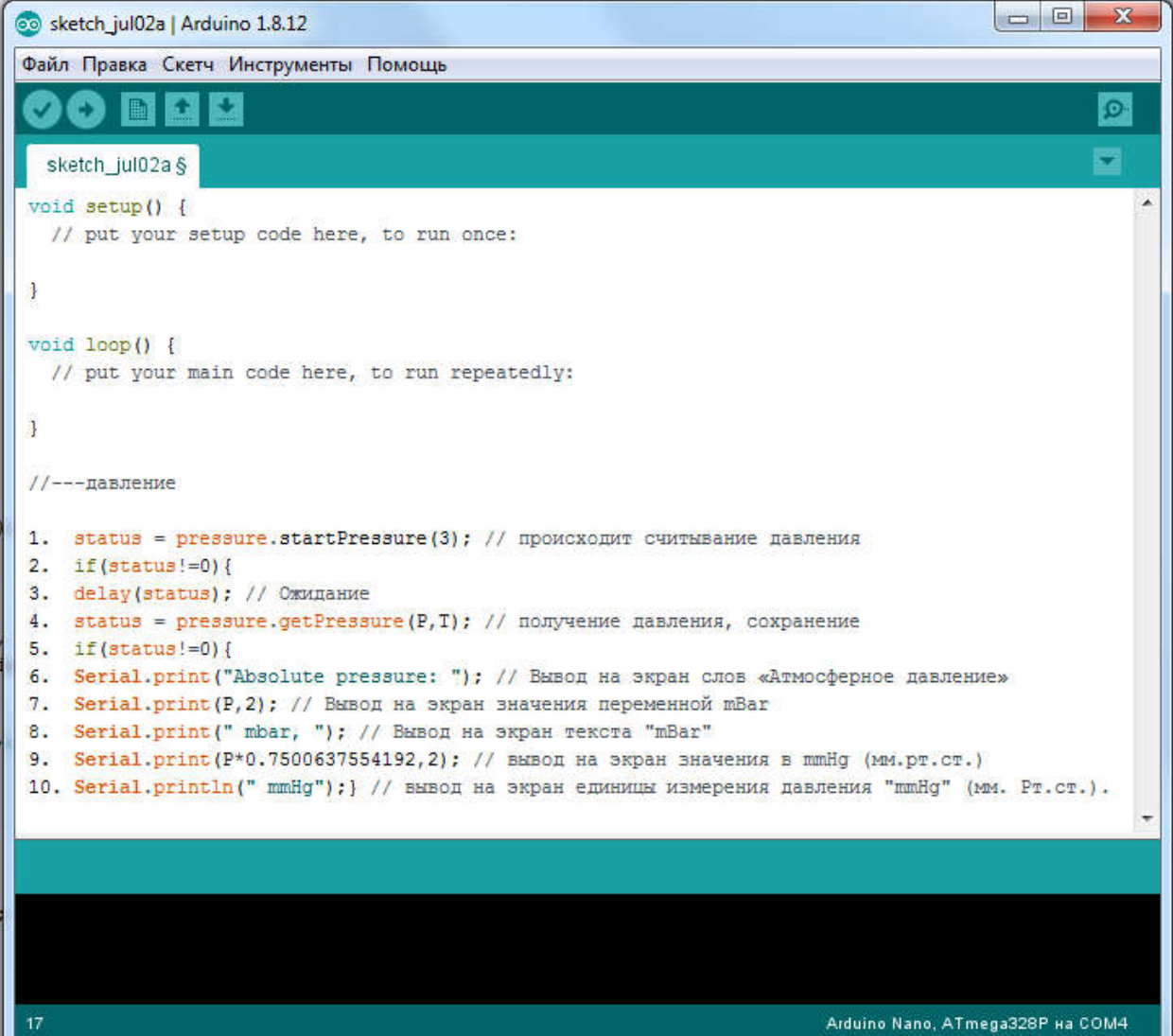
```
1. status = pressure.startTemperature();// Считываются данные с датчика о
   температуре
2. if(status!=0){
3.   delay(status); // Ожидание
4.   status = pressure.getTemperature(T); // Сохранение полученных данных о температуре
5.   if(status!=0){
6.     Serial.print("Temperature: "); // Выведение на экран слова «Температура»
7.     Serial.print(T,2); // Вывод на экран значения температуры.
8.     Serial.println("deg C, "); //Печать символа градуса Цельсия.
```

Затем нужно получить информацию об атмосферном давлении.

```
1. status = pressure.startPressure(3); // происходит считывание давления
2. if(status!=0){
3.   delay(status); // Ожидание
4.   status = pressure.getPressure(P,T); // получение давления, сохранение
5.   if(status!=0){
6.     Serial.print("Absolute pressure: "); // Вывод на экран слов «Атмосферное давление»
7.     Serial.print(P,2); // Вывод на экран значения переменной mBar
8.     Serial.print(" mbar, "); // Вывод на экран текста "mBar"
9.     Serial.print(P*0.7500637554192,2); // вывод на экран значения в mmHg (мм.рт.ст.)
10. Serial.println(" mmHg");} // вывод на экран единицы измерения давления "mmHg"
    (мм. Рт.ст.).
```

После загрузки скетча в окне Мониторинг порта появятся данные о температуре и атмосферном давлении.

Выглядит окно программы примерно так:

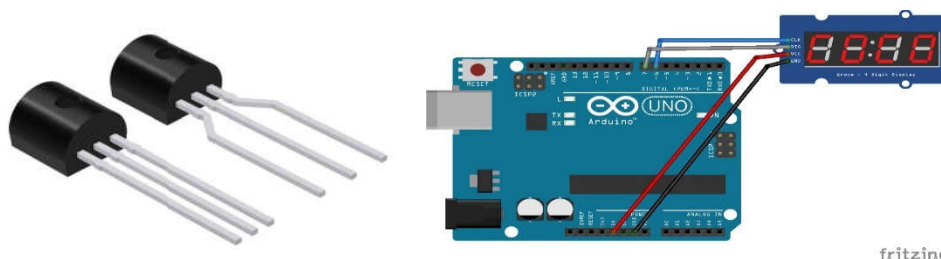


```
sketch_jul02a | Arduino 1.8.12
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
sketch_jul02a $
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
//---давление
1. status = pressure.startPressure(3); // происходит считывание давления
2. if(status!=0){
3. delay(status); // Ожидание
4. status = pressure.getPressure(P,I); // получение давления, сохранение
5. if(status!=0){
6. Serial.print("Absolute pressure: "); // Вывод на экран слов «Атмосферное давление»
7. Serial.print(P,2); // Вывод на экран значения переменной mBar
8. Serial.print(" mbar, "); // Вывод на экран текста "mBar"
9. Serial.print(P*0.7500637554192,2); // вывод на экран значения в mmHg (мм.рт.ст.)
10. Serial.println(" mmHg");} // вывод на экран единицы измерения давления "mmHg" (мм. Рт.ст.).
```

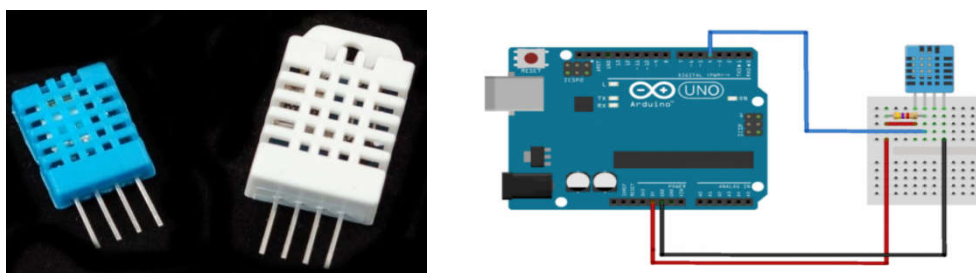
17 Arduino Nano, ATmega328P на COM4

Задания для самостоятельного выполнения.

1. Запрограммируйте моргание встроенного на плате светодиода для передачи азбукой Морзе сигнала SOS (встроенный светодиод управляется пином 13).
2. Соберите и запрограммируйте цифровой термометр (DS18B1C):
 - a. С выводом результатов измерения в монитор порта
 - b. С выводом результатов на цифровой сегментный дисплей.



3. Соберите и запрограммируйте комбинированный цифровой термометр (DHT22) с отображением результатов измерения температуры и влажности.



4. Соберите и запрограммируйте комбинированный газовый анализатор (MQ, Формальдегид) с отображением результатов измерения температуры и влажности на TFT дисплее.



Заключение

Выводы:

1. В составе исследовательской группы Орлов В.А., Орлова И.Н., Орлов Н.В., Костина А.В., Антонова Е.А. на основе платы Arduino-Nano разработан и собран работающий образец установки для проведения метеорологических наблюдений (температура, давление, влажность, наличие дождя) и замеров качества атмосферного воздуха по четырем параметрам (пыль Pm2.5, углекислый газ, угарный газ, формальдегид), в том числе:
 - a. Изучены общемировые критерии оценки качества атмосферного воздуха.
 - b. Сформирован перечень мировых, российских и красноярских интернет-сервисов, осуществляющих мониторинг качества атмосферного воздуха, проанализированы распространенность сервисов и качественный состав предоставляемых данных.
 - c. Сформирован перечень вредных веществ, характерных для городской среды.
 - d. Произведен отбор датчиков, имеющихся в свободной продаже и одновременно имеющих относительно невысокую цену.
 - e. Произведена калибровка датчиков на основе прилагающихся к ним Руководств пользователя.
 - f. Разработана система питания установки, обеспечивающая ее номинальную и устойчивую работу.
 - g. Разработана архитектура отдельного устройства и всей системы экомониторинга, идеология взаимодействия всех его составляющих
 - h. Программирование контроллера осуществлено на языке СИ.
 - i. Создано Delphi-Приложение для работы с данными устройства.
 - j. Разработана технология SMS-запроса установки и передачи текущих метео-экологических данных на сайт.

2. В разработке находится система из 9 аналогичных установок, имеющая целью мониторинг экологической ситуации в городе Красноярске.
3. Проводится разработка сайта, осуществляющего сбор, хранение метео-экологических данных, их графическое представление и предоставление пользователям с исследовательской целью.
4. Установлено, что наиболее неблагоприятная ситуация по анализируемым параметрам складывается в Красноярске с содержанием формальдегида: его концентрации в среднем составляют, как правило, 1.5-8 ПДК.
5. Перечислены конкурентноспособные преимущества разработанной системы по сравнению с имеющимися аналогами.
6. На основе представленной системы экологического мониторинга разработан практикум для старших школьников физико-экологической направленности

Апробация работы

1. Участие с очным докладом в конференции «Молодежь и наука»
2. Работа опубликована в сборнике материалов конференции «Молодежь и наука - 2020» [22],
3. Участие с получением сертификата в программе «Стажер-исследователь КГПУ»

Литература

1. 14 ядов, которыми дышит каждый красноярец
<https://newslab.ru/article/673925> 2015г. (дата обращения: 11.05.2020)
2. air-quality.com https://air-quality.com/place/russia/krasnoyarsk-krai/3410eccc?lang=en&standard=aqi_us (дата обращения: 20.05.2020)
3. Arduino Nano: обзор и характеристики платы от Arduino.
<https://arduinoplus.ru/arduino-nano/> 2017г. (дата обращения: 11.05.2020)
«Данная ссылка ведет на статью, написанную Иваном Ивановым в 2017 году. В ней он рассказывает все о контроллере Arduino Nano.»
4. Changqing Lin, Lev D.Labzovskii, et al. Observation of PM2.5 using a combination of satellite remote sensing and low-cost sensor network in Siberian urban areas with limited reference monitoring // Atmospheric Environment, 2020, V 227 (117410).
5. PM2.5 или новая напасть из мира наноматериалов. Тестируем портативный измеритель Xiaomi SmartMi. <https://blog.kvv213.com/2019/02/pm2-5-ili-novaya-napast-iz-mira-nanomaterialov-testiruem-portativnyj-izmeritel-xiaomi-smartmi/> (дата обращения 11.05.2020)
6. Бадмаева С.Э., Циммерман В.И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха городов Красноярского края// Вестник КрасГАУ2015 № 2 С. 27-3.
7. Баженова Ю.И. Delphi 7. Самоучитель программиста. Москва: Куди-образ, 2003. С 74-78. С 3-55
8. Воробьева И.А. Исследование причин формирования повышенных концентраций формальдегида в атмосфере города. // Труды главной геофизической обсерватории 2008 №557. С. 206-215.
9. Горшков Е. В. , Насими М.Х. «Исследование загрязнения городской воздушной среды мелкодисперсной пылью природного происхождения» // Инженерный вестник Дона 2016г. №4.

10. Графкина М.В., Азаров А.В., Добринский Д.Р., Николенко Д.А. К вопросу контроля и нормирования выбросов мелкодисперсной пыли в атмосферный воздух при движении автомобильного транспорта// Вестник МГСУ. 2017г. № 4 (103). С. 373-380.
11. Датчик атмосферного давления BMP280 <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/sensor-bmp280/> (дата обращения: 11.05.2020)
12. Датчик угарного газа MQ7 <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-ugarnogo-gaza-mq7/> (дата обращения: 11.05.2020)
13. Датчик углекислого газа MQ-135 <http://wiki.amperka.ru/продукты:mq135> (дата обращения: 11.05.2020)
14. Датчики температуры и влажности DHT11 и DHT22 <https://micro-pi.ru/dht11-и-dht22-датчики-температуры-и-влажности/> (дата обращения 11.05.2020)
15. Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм// Бюллетень ВСНЦ СО РАМН 2012 №1 (71) С 32-35.
16. Загрязнение воздуха на Krasnoyarsk: в режиме реального времени Индекс качества воздуха (АКИ) <http://aqicn.org/here/ru/> (дата обращения: 20.05.2020)
17. Индекс качества воздуха <https://ru.euronews.com/weather/copernicus-air-quality-index> (дата обращения: 20.05.2020) «Данный сайт дает ответ на вопросы:
18. Какарека С.В. Формальдегид в атмосферном воздухе городов. // Серия географическая. 2012 №5. С. 82-89
19. Качество атмосферного воздуха и здоровье [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) 2 мая 2018 г. (дата обращения: 15.04.2020).
20. Неменко Б.А. Илиясова А.Д. Арынова Г.А. Оценка степени опасности мелкодисперсных пылевых частиц воздуха//Вестник КазНМУ 2014г. №3(1)
21. Обзор модуля GSM, GPRS на чипе SIM800L <https://robotchip.ru/obzor-modulya-gsm-gprs-na-chipe-sim800l/> (дата обращения: 11.05.2020)

22. Орлов В.А., Орлова И.Н., Костина А.В., Антонова Е.А., Орлов Н.В. Разработка экологического практикума на старшей школе на платформе программируемых контроллеров//Молодежь и наука □□ века. Современная физика в системе школьного и вузовского образования. Материалы □ Всероссийской научно-практической конференции. Электронное издание. Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. 220. С 61-65.
23. ПДК CO₂ в воздухе рабочей зоны <https://iceoom.com.ua/blog/predelnodopustimaya-koncentraciya-pdk/> 2019г (дата обращения 11.05.2020)
24. Петин В.А. Биняковский А.А. Практическая энциклопедия Arduino ДМК Пресс, 2017 89-97с
25. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. С. 19-20. С. 25.
26. Производство и продажа газоанализаторов №1 в России и СНГ https://senson.ru/?ay_source=yandex&ay_type=search&ay_domain=none&ay_position=premium-1&ay_campaign=48574872&ay_group=4065206509&ay_ad=8449843215&ay_phrase=19325041180&ay_term=приборы%20для%20анализа%20воздуха&ay_link=0&yclid=2747716301093371696 (дата обращения: 20.05.2020)
27. Робертсон Д. С. О том, как влияет растущий уровень CO₂ в атмосфере на организм человека// журнал Current Science, 2006, № 12 С. 78-82.
28. Тараненко Н.А. Проблемы мониторинга формальдегида в окружающей среде и биосредах детского населения// Бюллетень ВСНЦ СО РАМН 2012 №6 (88) С. 156-159.
29. Уланова Т.С., Антипьева М.В., Волкова М.В., Гилёва М.И. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог // Научно-практический журнал. Анализ риска здоровью 2016г. №4. С.38-43

30. Улли Соммер Программирование микроконтроллерных плат Arduino/freduino 2-е издание. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург 2016г. С. 16, 21-23, 43-48.
31. Чайкина Е.А. Система мониторинга состояния атмосферного воздуха города Красноярска// Международный научный журнал «Символ науки» 2017г. № 02-2 С.114-118
32. Частицы PM2.5: что это, откуда и почему об этом все говорят. <https://habr.com/ru/company/tion/blog/396111/> 2016г (дата обращения 11.05.2020)
33. Шарапаев Н.Я., Токарев А.В Оценка влияния отдельных загрязняющих веществ на индекс качества воздуха в г. Красноярске.// Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. 2019г С. 380-383.

Приложения

Приложение А. Текст скетча для программирования установки (СИ)

(Программирование в приложении Arduino 1.8.12)

```
//#include <gprs.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DSM501.h>
#include <TFT.h> // Подключаем библиотеку TFT (дисплей)
#include <SPI.h> // Подключаем библиотеку SPI (дисплей)
#include <DHT.h> // Подключаем библиотеку DHT (DHT22 Температура, влажность)
#include <BMP085.h> // Подключаем библиотеку BMP (BMP180 Давление)
#include <ТройкаMQ.h>
#include <avr/wdt.h> // Подключаем библиотеку сторожевого пса

#define cs 10 // Указываем пины cs (Дисплей)
#define dc 9 // Указываем пины dc (A0) (Дисплей)
#define rst 8 // Указываем пины reset (Дисплей)
#define DHTPIN 2 // Пин датчика DHT (Вход DHT22)
#define DSM501_PM10 7
#define DSM501_PM25 3
DSM501 dsm501(DSM501_PM10, DSM501_PM25);

SoftwareSerial SIM800(4, 5); // 8 - RX Arduino (TX SIM800L), 9 - TX Arduino (RX SIM800L)
BMP085 dps = BMP085(); // Инициализация BMP (Включен на A4 и A5)
DHT dht(DHTPIN, DHT22); // Инициализация DHT
TFT TFTscreen = TFT(cs, dc, rst); // Инициализация (Дисплей)
MQ135 mq135(A2); // MQ135 gasSensor = MQ135(A2);
MQ7 mq7(A3); // MQ7 gasSensor = MQ7(A3);
char sensorPrintout[4];
long int summa, stoped, started, period, Pressure = 0, NumIter = 0;
float ratio, deltaT, concentration, CO2;
int CO, Formaldehyde, Temperature, Humidity;
boolean Rain;
String st, stRain, _response = "", sensorVal; // Переменная для хранения ответа модуля

void setup()
{
// Initialize DSM501
dsm501.begin(MIN_WIN_SPAN);
```



```

delay(20000);          // Задержка инициализации модема для регистрации SIM в сети
TFTscreen.begin();
TFTscreen.background(0, 0, 0); // Очистим экран дисплея
TFTscreen.setTextSize(1); // Устанавливаем размер шрифта
dht.begin();          // Начинаем слушать DHT
started = micros();   // Установка начального момента времени (Аэрозоль)
period = 10000000;    // Период опроса датчика (Аэрозоль) в микросекундах
dps.init();           // Начинаем слушать BMP (Давление)
mq135.heaterPwrHigh(); // Нужно периодически запускать нагрев
mq135.calibrate(17);  // Калибровка MQ-135
mq7.cycleHeat();      // Нагрев датчика MQ-7
mq7.calibrate();      // Калибровка датчика MQ-7
Serial.begin(9600);   // Запускаем вывод данных на серийный порт (COM)
Serial.println("Start!"); // Печатаем монитор порта "Start"
SIM800.begin(9600);   // Устанавливаем скорость обмена данными с модемом
pinMode(6, OUTPUT);   // Переводим вывод 6 в режим выхода (Зуммер)
digitalWrite(6, LOW); // Устанавливаем для зуммера ноль

// Предварительные настройки SIM900
SIM800.println("AT"); delay(500); // Опрос модуля SIM800
SIM800.println("AT+CLIP=1"); delay(500); // Включаем АОН
SIM800.println("AT+CMGF=1;&W"); delay(500); //выбираем текстовый формат СМС и сохраняем
SIM800.println("AT+CMGD=1,4"); delay(500); //стираем старые СМС
}

void loop()
{
// Перезагрузка после нескольких итераций
NumIter = NumIter + 1; if (NumIter >= 5) {NumIter = 0; restart();}

/* * 5) Аэррозоли----- */
// summa = summa + (pulseIn(7,LOW)-pulseIn(3,LOW)); // Считаем импульсы датчика пыли -pulseIn(3,LOW)
// stoped = micros(); // Получаем текущий момент времени
// deltaT = stoped - started; // Вычисляем время работы датчика
// if (deltaT > period)
// {
// ratio = summa*100 / deltaT;
// concentration = -0.0671603751984914 + 0.0575509534035891*ratio + 0.0117973808562106*pow(ratio, 2) -
// 0.00225133632224083*pow(ratio, 3) +
// 0.000188007734501130*pow(ratio, 4) - 5.21377504105359*0.000001*pow(ratio, 5);
// concentration = concentration * 1000;
// concentration = summa;

```

```

mq135.heaterPwrHigh();          // Запускаем прогревы датчиков MQ
mq7.cycleHeat();

TFTscreen.background ( 0 , 0 , 0 );

/* * Команда установки цвета фона TFTscreen.stroke ( r , g , b ) * где, r, g и b являются значениями RGB для заданного
цвета */
TFTscreen.stroke(255, 255, 255);
//TFTscreen.text("START", 1, 54);

/* * 1) Температура----- */
Temperature = dht.readTemperature(); // считываем температуру
TFTscreen.text("Temperature ('C):", 1, 2); String sensorVal = String(Temperature);
sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 2);

/* * 2) Влажность----- */
Humidity = dht.readHumidity(); // считываем влажность с датчика
Humidity = Humidity * 4 / 4; TFTscreen.text("Humidity (%): ", 1, 15);
sensorVal = String(Humidity); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 15);

/* * 3) Давление----- */
dps.getPressure(&Pressure);
// Pressure = bmp.readPressure();
TFTscreen.text("Pressure (mm Hg):", 1, 28);
sensorVal = String(int(Pressure/133.3)); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 28);

/* * 4) Дождь----- */
TFTscreen.text("Rain (yes/no):", 1, 41);
if (analogRead(A1) > 100) { Rain = true; TFTscreen.text("Yes", 105, 41); stRain = "y"; }
else { Rain = false; TFTscreen.text("No", 110, 41); stRain = "n"; }

/* * 6) CO----- */
mq7.cycleHeat(); mq7.calibrate(); TFTscreen.text("CO (ppm):", 1, 67); CO = mq7.readCarbonMonoxide();
sensorVal = String(CO); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 67);

/* * 7) CO2----- */
CO2 = mq135.readCO2(); CO2 = CO2 / 10000; TFTscreen.text("CO2 (%):", 1, 80);
sensorVal = String(CO2); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 80);

/* * 8) Формальдегид----- */
TFTscreen.text("CH2O (ug/m3):", 1, 93);
Formaldehyde = exp(-2.631 + (1.528 * analogRead(A0) * 5 / 1023) - 0.125 * analogRead(A0) * 5 / 1023 * analogRead(A0) * 5 /
1023) * 1.21 * 1000;
sensorVal = String(Formaldehyde); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 93);

```

```

/* * 8) Аэрозоль----- */
TFTscreen.text("Aerosol (ug/m3):", 1, 54);
dsm501.update();
sensorVal = String(dsm501.getPM25()); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 110, 54);

TFTscreen.stroke(255, 0, 0); // Отображение режима отправки отчета на экране
sensorVal = String(NumIiter); sensorVal.toCharArray(sensorPrintout, 5); TFTscreen.text(sensorPrintout, 1, 106);

//Формируем текстовую строку - отчет
st = String(Temperature) + "H" + String(Humidity) + "p" + String(int(Pressure / 133.3)) + stRain + "a" +
String(dsm501.getPM25()) +
"u" + String(CO) + "g" + String(CO2) + "f" + String(Formaldehyde);

TFTscreen.text("Send Data", 1, 119);
delay(3000); gprs_init(); delay(3000); gprs_send(st); delay(3000); // Инициализация режима GPRS и отправка отчета по
HTTPS

started = micros(); // Запоминаем новый момент времени
summa = 0;
//}

//delay(5000); // Задержка перед опросом модуля SIM800

if (SIM800.available()) { // Если модем, что-то отправил...
_response = SIM800.readString(); // ... считываем и запоминаем
_response.trim(); // Убираем лишние пробелы в начале и конце
Serial.println(_response); // Если нужно выводим в монитор порта
String whiteListPhones = "+79039233717, +79039887928, +79994418470"; // Белый список телефонов (Костина
Анна)
if (_response.startsWith("RING")) { // Есть входящий вызов
int phoneindex = _response.indexOf("+CLIP: "); // Есть ли информация об определении номера, если да, то
phoneindex>-1
String innerPhone = ""; // Переменная для хранения определенного номера
if (phoneindex >= 0) { // Если информация была найдена
phoneindex += 8; // Парсим строку и ...
innerPhone = _response.substring(phoneindex, _response.indexOf("\", phoneindex)); // ...получаем номер
Serial.println("Number: " + innerPhone); // Выводим номер в монитор порта
}
// Проверяем, чтобы длина номера была больше 6 цифр, и номер должен быть в списке
if (innerPhone.length() >= 7 && whiteListPhones.indexOf(innerPhone) >= 0)
{
SIM800.println("ATH"); // Отправляем команду модулю
SIM800.println("AT+CMGS=\"" + innerPhone + "\""); // Переходим в режим ввода текстового сообщения
SIM800.print(st); delay(1000); SIM800.write(26); // Отправляем СМС
}
}

```

```

TFTScreen.stroke(255, 0, 0);           // Отображение режима отправки отчета на экране
TFTScreen.text("Send Data", 1, 119);

digitalWrite(6, HIGH); delay(200);     // Включаем звук на 0,5 секунд
digitalWrite(6, LOW ); delay(200);     // Выключаем звук на 1 секунду
digitalWrite(6, HIGH); delay(200);     // Включаем звук на 0,5 секунд
digitalWrite(6, LOW ); delay(200);     // Выключаем звук на 1 секунду
digitalWrite(6, HIGH); delay(200);     // Включаем звук на 0,5 секунд
digitalWrite(6, LOW ); delay(200);     // Выключаем звук на 1 секунду

delay(3000); gprs_init(); delay(1000); gprs_send(st); delay(3000); // Инициализация режима GPRS и отправка отчета
по HTTPS

    // = 0; restartC();
}
else
{
    Serial.println("Left NumPhone");    // Дублируем команду в монитор порта
    SIM800.println("ATH");              // Отправляем команду модулю
}
}
}
}

void gprs_init() {                      //Процедура начальной инициализации GSM модуля
int d = 500;
int ATsCount = 7;
String ATs[] = {                       //массив AT команд
    "AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\","GPRS\"", //Установка настроек подключения
    "AT+SAPBR=3,1,\"APN\","internet.beeline.ru\"",
    "AT+SAPBR=3,1,\"USER\","beeline\"",
    "AT+SAPBR=3,1,\"PWD\","beeline\"",
    "AT+SAPBR=1,1",                     //Устанавливаем GPRS соединение
    "AT+HTTPIPINIT",                    //Инициализация http сервиса
    "AT+HTTTPARA=\"CID\",1"             //Установка CID параметра для http сессии
};
int ATsDelays[] = {6, 1, 1, 1, 3, 3, 1}; //массив задержек
Serial.println("GPRG init start");
for (int i = 0; i < ATsCount; i++) {
    Serial.println(ATs[i]);              //посылаем в монитор порта
    SIM800.println(ATs[i]);              //посылаем в GSM модуль
    delay(d * ATsDelays[i]);             // Задерживаемся после каждой команды
    Serial.println(SIM800.readString()); //показываем ответ от GSM модуля
}
}

```

```

    delay(d);
}
Serial.println("GPRG init complete");
}

void gprs_send(String data) {                //Процедура отправки данных на сервер
int d = 400;
    delay(d * 5); SIM800.println("AT+HTTPSSL=1"); delay(d * 5); // Инициализации передачи отчета по каналу SSL
    SIM800.println("AT+HTTPPARA=\"URL\", \"https://217.144.174.104/eco/dt.php?a=1"+data+"\"");
    delay(d * 10);
    Serial.println(SIM800.readString()); delay(d * 3);        // Слушаем ответ от модуля SIM800
    SIM800.println("AT+HTTPACTION=0"); delay(d * 5);         // Спрашиваем модуль об успехе
    Serial.println(SIM800.readString()); delay(d * 3);       // Передаем ответ от модуля в монитор
    Serial.println("Send done");
    SIM800.println("AT+HTTPTERM"); delay(d * 3);             // Выключаем режим HTTP
    SIM800.println("AT+SAPBR=0,1");                          // Выключаем режим GPRS
}

void restartC()          // Процедура перезагрузки
{ wdt_enable(WDTO_120MS); delay(1000); // разрешение работы сторожевого таймера с тайм-аутом 120 мс

```

Приложение Б. Delphi- программа

```
unit ComMainForm;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls, CPort, CPortCtl, IdBaseComponent, IdComponent,
  IdTCPConnection, IdTCPClient, IdFTP;

type
  TForm1 = class(TForm)
    ComPort: TComPort;
    Memo: TMemo;
    Button_Open: TButton;
    Button_Settings: TButton;
    PaintBox1: TPaintBox;
    PaintBox2: TPaintBox;
    PaintBox3: TPaintBox;
    PaintBox4: TPaintBox;
    PaintBox5: TPaintBox;
    PaintBox6: TPaintBox;
    PaintBox7: TPaintBox;
    Memol: TMemo;
    IdFTP1: TIdFTP;
    procedure Button_OpenClick(Sender: TObject);
    procedure Button_SettingsClick(Sender: TObject);
    procedure ComPortOpen(Sender: TObject);
    procedure ComPortClose(Sender: TObject);
    procedure ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);

  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

const
  //----- ПДК-----
  PDC_mr_PM25=160; // максимально-разовое, мкг/м3
  PDC_ss_PM25=35; // среднесуточное

  PDC_mr_CO=5.0; // максимально-разовое, мг/м3
  PDC_ss_CO=3.0; // среднесуточное

  PDC_mr_CO2=0.1; // максимально-разовое (в %) 0.1% =1000 ppm
  PDC_ss_CO2=0.1; // среднесуточное

  PDC_mr_CH_20=35; // максимально-разовое, мкг/м3
  PDC_ss_CH_20=3; // среднесуточное

  //-----границы отображения на графиках-----

  T_min=20; T_max=35; // Tmin=-50; Tmax=50;
  psi_max=100; psi_min=0;
  p_max=800; p_min=600;
  n_max=2*PDC_mr_PM25; n_min=0;
  CO_max=1.5*PDC_mr_CO; CO_min=0.0;
  CO2_max=4*PDC_mr_CO2; CO2_min=0.0; // %
  CH2O_max=9*PDC_mr_CH_20; CH2O_min=0;

  BkColor = clWhite;

  N_stek = 100; // количество точек на экране, размер стека

var
  st, Str_1, st_val, stx, date_str, date_old_str, t_str : string;
  iPos, kod : integer;
  T, psi, p, n_aer, CO, CO_2, CH_20 : array [1..100000] of real;
  Rain : boolean;
```

```

N: longint;

mx1, my1, d_x1, d_y1,
mx2, my2, d_x2, d_y2,
mx3, my3, d_x3, d_y3,
mx4, my4, d_x4, d_y4,
mx5, my5, d_x5, d_y5,
mx6, my6, d_x6, d_y6,
mx7, my7, d_x7, d_y7   : integer;

mas_t, mas_t3, mas_Temp, mas_psi, mas_p,
mas_aer, mas_CO, mas_CO2, mas_CH2O   : real;

x1,y1,x2,y2,i           : integer;

ft, fh                  : text;

d_PM25, d_CO, d_CO_2, d_CH_2O       : real;

implementation

{$R *.DFM}

procedure initialgraph;
begin
mx1:=Form1.PaintBox1.width; my1:=Form1.PaintBox1.height; // 1) температура
mx2:=Form1.PaintBox2.width; my2:=Form1.PaintBox2.height; // 2) влажность
mx3:=Form1.PaintBox3.width; my3:=Form1.PaintBox3.height; // 3) давление
mx4:=Form1.PaintBox4.width; my4:=Form1.PaintBox4.height; // 4) концентрация аэрозолей (пыль
ультрадисперсная PM2.5)
mx5:=Form1.PaintBox5.width; my5:=Form1.PaintBox5.height; // 5) угарный газ CO
mx6:=Form1.PaintBox6.width; my6:=Form1.PaintBox6.height; // 6) углекислый газ CO_2
mx7:=Form1.PaintBox7.width; my7:=Form1.PaintBox7.height; // 7) формальдегид CH_2O

d_x1:=Round(mx1/15); d_y1:=Round(my1/7);
d_x2:=Round(mx2/15); d_y2:=Round(my2/7);
d_x3:=Round(mx3/15); d_y3:=Round(my3/7);
d_x4:=Round(mx4/15); d_y4:=Round(my4/7);
d_x5:=Round(mx5/15); d_y5:=Round(my5/7);
d_x6:=Round(mx6/15); d_y6:=Round(my6/7);
d_x7:=Round(mx7/15); d_y7:=Round(my7/7);

mas_t      :=(mx1-3*d_x1)/N_stek; //mas_t3      :=(mx3-3*d_x3)/N_stek;
mas_Temp   :=(my1-2*d_y1)/(1.2*(T_max-T_min));
mas_psi    :=(my2-2*d_y2)/(1.2*(psi_max-psi_min));
mas_p      :=(my3-2*d_y3)/(1.2*(p_max-p_min));
mas_aer    :=(my4-2*d_y4)/(1.2*(n_max-n_min));
mas_CO     :=(my5-2*d_y5)/(1.2*(CO_max-CO_min));
mas_CO2    :=(my6-2*d_y6)/(1.2*(CO2_max-CO2_min));
mas_CH2O   :=(my7-2*d_y7)/(1.2*(CH2O_max-CH2O_min));

{----- оформление графических окон -----}

with Form1.PaintBox1.Canvas do begin // -----
----- 1) температура
Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
FillRect(Rect(0,0,mx1,my1)); Rectangle(0+1,0+1,mx1-1,my1-1); // белый фон, рамка
TextOut(50,3,'Температура (°C)');
{-----Оси -----}
x1:=round(d_x1); y1:=round(my1-d_y1); x2:=round(d_x1); y2:=round(d_y1);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x1/3),d_y1-15,'T (°C)');
x1:=round(d_x1); y1:=round(my1-d_y1); x2:=round(mx1-2*d_x1); y2:=round(my1-d_y1);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx1-round(7/4*d_x1),my1-
round(7/8*d_y1),'t');
{-----диапазон просмотра переменной (T_min, T_max) -----}
-----}
x1:=d_x1-3; x2:=d_x1+3; y1:=round(my1-d_y1-(T_min-T_min)*mas_Temp); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(T_min,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my1-d_y1-(T_max-T_min)*mas_Temp); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(T_max,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
end;

with Form1.PaintBox2.Canvas do begin // -----
----- 2) влажность
Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
FillRect(Rect(0,0,mx2,my2)); Rectangle(0+1,0+1,mx2-1,my2-1); // белый фон, рамка
TextOut(50,3,'Влажность (%)');
{-----Оси -----}

```

```

x1:=round(d_x2); y1:=round(my2-d_y2); x2:=round(d_x2); y2:=round(d_y2);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x2/3),d_y2-15,'psi (%)');
x1:=round(d_x2); y1:=round(my2-d_y2); x2:=round(mx2-2*d_x2); y2:=round(my2-d_y2);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx2-round(7/4*d_x2),my2-
round(7/8*d_y2),'t');
{-----диапазон просмотра переменной (psi_min, psi_max) -----}
-----}
x1:=d_x2-3; x2:=d_x2+3; y1:=round(my2-d_y2-(psi_min-psi_min)*mas_psi); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(psi_min,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my2-d_y2-(psi_max-psi_min)*mas_psi); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(psi_max,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
end;
with Form1.PaintBox3.Canvas do begin // -----}
----- 3) давление
Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
FillRect(Rect(0,0,mx3,my3)); Rectangle(0+1,0+1,mx3-1,my3-1); // белый фон, рамка
TextOut(50,3,'давление (мм Hg)');
{-----Оси -----}
x1:=round(d_x3); y1:=round(my3-d_y3); x2:=round(d_x3); y2:=round(d_y3);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x3/3),d_y3-15,'p');
x1:=round(d_x3); y1:=round(my3-d_y3); x2:=round(mx3-2*d_x3); y2:=round(my3-d_y3);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx3-round(7/4*d_x3),my3-
round(7/8*d_y3),'t');
{-----диапазон просмотра переменной (p_min, p_max) -----}
-----}
x1:=d_x3-3; x2:=d_x3+3; y1:=round(my3-d_y3-(p_min-p_min)*mas_p); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(p_min,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my3-d_y3-(p_max-p_min)*mas_p); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(p_max,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
end;
with Form1.PaintBox4.Canvas do begin // -----}
----- 4) концентрация аэрозолей (дым)
Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
FillRect(Rect(0,0,mx4,my4)); Rectangle(0+1,0+1,mx4-1,my4-1); // белый фон, рамка
TextOut(50,3,'Пыль (PM1.0-PM2.5) (уг/м3)');
{-----Оси -----}
x1:=round(d_x4); y1:=round(my4-d_y4); x2:=round(d_x4); y2:=round(d_y4);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x4/3),d_y4-15,'n');
x1:=round(d_x4); y1:=round(my4-d_y4); x2:=round(mx4-2*d_x4); y2:=round(my4-d_y4);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx4-round(7/4*d_x4),my4-
round(7/8*d_y4),'t');
{-----уровень ПДК_мр -----}
y1:=round(my4-d_y4-PDC_mr_PM25*mas_aer); y2:=y1;
Pen.Color := clMaroon; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-
10,'ПДК_мр');
str(PDC_mr_PM25,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my4-d_y4-PDC_ss_PM25*mas_aer); y2:=y1;
Pen.Color := clRed; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-10,'ПДК_сс');
str(PDC_ss_PM25,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
{-----диапазон просмотра переменной (n_min, n_max) -----}
-----}
x1:=d_x4-3; x2:=d_x4+3; y1:=round(my4-d_y4-(n_min-n_min)*mas_aer); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(n_min,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my4-d_y4-(n_max-n_min)*mas_aer); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(n_max,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
end;
with Form1.PaintBox5.Canvas do begin // -----}
----- 5) угарный газ CO
Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
FillRect(Rect(0,0,mx5,my5)); Rectangle(0+1,0+1,mx5-1,my5-1); // белый фон, рамка
TextOut(50,3,'угарный газ CO (мг/м3)');
{-----Оси -----}
x1:=round(d_x5); y1:=round(my5-d_y5); x2:=round(d_x5); y2:=round(d_y5);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x5/3),d_y5-15,'CO');
x1:=round(d_x5); y1:=round(my5-d_y5); x2:=round(mx5-2*d_x5); y2:=round(my5-d_y5);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx5-round(7/4*d_x5),my5-
round(7/8*d_y5),'t');
{-----уровень ПДК_мр -----}
y1:=round(my5-d_y5-PDC_mr_CO*mas_CO); y2:=y1;
Pen.Color := clMaroon; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-
10,'ПДК_мр');
str(PDC_mr_CO:2:1,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
y1:=round(my5-d_y5-PDC_ss_CO*mas_CO); y2:=y1;
Pen.Color := clRed; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-10,'ПДК_сс');
str(PDC_ss_CO:2:1,stx); TextOut(5,y1-5,stx);
{-----диапазон просмотра переменной (CO_min, CO_max) -----}
-----}
x1:=d_x5-3; x2:=d_x5+3; y1:=round(my5-d_y5-(CO_min-CO_min)*mas_CO); y2:=y1;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CO_min:2:1,stx); TextOut(5,y1-5,stx);

```



```

        y1:=round(my5-d_y5-(CO_max-CO_min)*mas_CO); y2:=y1;
        PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CO_max:2:1,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
        end;
    with Form1.PaintBox6.Canvas do begin // -----
----- 6) углекислый газ CO_2
    Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
    FillRect(Rect(0,0,mx6,my6)); Rectangle(0+1,0+1,mx6-1,my6-1); // белый фон, рамка
    TextOut(50,3,'углекислый газ CO_2 (%)');
    {-----Оси -----}
    x1:=round(d_x6); y1:=round(my6-d_y6); x2:=round(d_x6); y2:=round(d_y6);
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x6/3),d_y6-15,'CO_2');
    x1:=round(d_x6); y1:=round(my6-d_y6); x2:=round(mx6-2*d_x6); y2:=round(my6-d_y6);
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx6-round(7/4*d_x6),my6-
round(7/8*d_y6),'t');
    {-----уровень ПДК_мр -----}
    y1:=round(my6-d_y6-PDC_mr_CO2*mas_CO2); y2:=y1;
    Pen.Color := clMaroon; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-
10,'ПДК_мр');
    str(PDC_mr_CO2:2:1,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    {-----диапазон просмотра переменной (CO2_min, CO2_max) -----}
-----}
    x1:=d_x6-3; x2:=d_x6+3; y1:=round(my6-d_y6-(CO2_min-CO2_min)*mas_CO2); y2:=y1;
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CO2_min:2:1,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    y1:=round(my6-d_y6-(CO2_max-CO2_min)*mas_CO2); y2:=y1;
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CO2_max:2:1,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    end;
    with Form1.PaintBox7.Canvas do begin // -----
----- 7) формальдегид CH_2O
    Pen.Color := clBlack; Pen.Width := 1; Brush.Style := bsSolid; Brush.Color := BkColor;
    FillRect(Rect(0,0,mx7,my7)); Rectangle(0+1,0+1,mx7-1,my7-1); // белый фон, рамка
    TextOut(50,3,'Формальдегид CH_2O (ug/m3)');
    {-----Оси -----}
    x1:=round(d_x7); y1:=round(my7-d_y7); x2:=round(d_x7); y2:=round(d_y7);
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(round(d_x7/3),d_y7-15,'CH_2O');
    x1:=round(d_x7); y1:=round(my7-d_y7); x2:=round(mx7-2*d_x7); y2:=round(my7-d_y7);
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(mx7-round(7/4*d_x7),my7-
round(7/8*d_y7),'t');
    {-----уровень ПДК_мр -----}
    y1:=round(my7-d_y7-PDC_mr_CH_2O*mas_CH2O); y2:=y1;
    Pen.Color := clMaroon; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-
10,'ПДК_мр');
    str(PDC_mr_CH_2O,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    // y1:=round(my7-d_y7-PDC_ss_CH_2O*mas_CH2O); y2:=y1;
    // Pen.Color := clRed; PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); TextOut(x2+3,y2-10,'ПДК_сс');
    {-----диапазон просмотра переменной (CH2O_min, CH2O_max) -----}
-----}
    x1:=d_x7-3; x2:=d_x7+3; y1:=round(my7-d_y7-(CH2O_min-CH2O_min)*mas_CH2O); y2:=y1;
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CH2O_min,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    y1:=round(my7-d_y7-(CH2O_max-CH2O_min)*mas_CH2O); y2:=y1;
    PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]); str(CH2O_max,ctx); TextOut(5,y1-5,ctx);
    end;
end;

procedure init_of_file;
begin
assign(ft, 'data.txt'); rewrite(ft); // связываемся и обновляем текстовый файл
assign(fh, 'time.rtf'); rewrite(fh); // файл для отправки на html-сервер ecodata.ucoz.com,
отправляется одна точка (8 параметров в опред t)

date_str:=DateToStr(Date);

append(ft); writeln(ft, ' '+date_str); writeln(ft);
writeln(ft, 't/T(`C)/psi(%) /p(mm Hg) /Пыль (PM1.0-
PM2.5) (ug/m3) /CO(mg/m3) /CO_2(%) /CH_2O(ug/m3) /R'); writeln(ft); flush(ft); close(ft);

append(fh);
writeln(fh, '<html>');
writeln(fh, ' ' + date_str + '<br>'); flush(fh); close(fh);

//AssignFile(f,file_txt); reset(f);
end;

procedure FTP_connect_with_Server_ucoz;
begin
with Form1.IdFTP1 do begin
Host := 'ecodata.ucoz.net'; // имя сервера FTP
username := 'eecodata'; // имя пользователя
password := 'home1971'; // пароль

```

```

Port      := 21;                // по умолчанию
Passive   := true;             // только в пассивном режиме работает

Connect;                        // присоединяемся к серверу

if Connected then Form1.Memo1.Lines.Add('Присоединились к серверу : ' + host);
end;

//if Assigned(idFTP1) then
/// begin idFTP1.Disconnect; idFTP1.Free; end;

end;

procedure init;
begin
N:=0; initialgraph; init_of_file;
FTP_connect_with_Server_ucoz;
end;

procedure TForm1.Button_OpenClick(Sender: TObject); begin if ComPort.Connected then
ComPort.Close else begin ComPort.Open; init; end; end;
procedure TForm1.Button_SettingsClick(Sender: TObject); begin ComPort.ShowSetupDialog; end;
procedure TForm1.ComPortOpen(Sender: TObject); begin Button_Open.Caption := 'Отключить
com-порт'; end;
procedure TForm1.ComPortClose(Sender: TObject); begin if Button_Open <> nil then
Button_Open.Caption := 'Подключить com-порт'; end;

procedure draw_graphics;
begin
with Form1.PaintBox1.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x1+(N-1)*mas_t); y1:=round(my1-d_y1- ( T[N-1] - T_min ) *mas_Temp);
x2:=round(d_x1+N*mas_t); y2:=round(my1-d_y1- ( T[N] - T_min ) *mas_Temp);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(T[N]:4:2,stx); TextOut(round(2/3*mx1),10,'T = '+stx);
end;
with Form1.PaintBox2.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x2+(N-1)*mas_t); y1:=round(my2-d_y2- ( psi[N-1] - psi_min ) *mas_psi);
x2:=round(d_x2+N*mas_t); y2:=round(my2-d_y2- ( psi[N] - psi_min ) *mas_psi);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(psi[N]:4:2,stx); TextOut(round(2/3*mx2),10,'psi = '+stx);
end;
with Form1.PaintBox3.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x3+(N-1)*mas_t3); y1:=round(my3-d_y3- ( p[N-1] - p_min ) *mas_p);
x2:=round(d_x3+N*mas_t3); y2:=round(my3-d_y3- ( p[N] - p_min ) *mas_p);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(p[N]:5:2,stx); TextOut(round(2/3*mx3),10,'p = '+stx);
end;
with Form1.PaintBox4.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x4+(N-1)*mas_t); y1:=round(my4-d_y4- ( n_aer[N-1] - n_min ) *mas_aer);
x2:=round(d_x4+N*mas_t); y2:=round(my4-d_y4- ( n_aer[N] - n_min ) *mas_aer);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(n_aer[N]:5:2,stx); TextOut(round(1/2*mx4+25),10,'PM2.5 = '+stx);
str(d_PM25:4:2,stx); TextOut(round(4/5*mx4-7),10,(''+stx+' ПДК_mp'));
end;
with Form1.PaintBox5.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x5+(N-1)*mas_t); y1:=round(my5-d_y5- ( CO[N-1] - CO_min ) *mas_CO);
x2:=round(d_x5+N*mas_t); y2:=round(my5-d_y5- ( CO[N] - CO_min ) *mas_CO);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(CO[N]:3:2,stx); TextOut(round(1/2*mx5+25),10,'CO = '+stx);
str(d_CO:4:2,stx); TextOut(round(4/5*mx5-7),10,(''+stx+' ПДК_mp'));
end;
with Form1.PaintBox6.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;
x1:=round(d_x6+(N-1)*mas_t); y1:=round(my6-d_y6- ( CO_2[N-1] - CO2_min ) *mas_CO2);
x2:=round(d_x6+N*mas_t); y2:=round(my6-d_y6- ( CO_2[N] - CO2_min ) *mas_CO2);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(CO_2[N]:3:2,stx); TextOut(round(1/2*mx6+25),10,'CO_2 = '+stx);
end;
with Form1.PaintBox7.Canvas do begin
Pen.color:=clBlack;

```

```

x1:=round(d_x7+(N-1)*mas_t); y1:=round(my7-d_y7- ( CH_20[N-1] - CH20_min ) *mas_CH20);
x2:=round(d_x7+N*mas_t); y2:=round(my7-d_y7- ( CH_20[N] - CH20_min ) *mas_CH20);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
str(CH_20[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx7+25),10, 'CH_20 = '+stx);
str(d_CH_20:4:2, stx); TextOut(round(4/5*mx7-7),10, '('+stx+' ПДК_мр)');
end;

end;

procedure draw_Graphics_stek;
var dN : integer;
begin
dN:=N-N_stek;

// ----- 1) T -----
with Form1.PaintBox1.Canvas do begin
str(T[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx1+25),3, 'T = '+stx); // вывод текстового значения
на экран
x1:=round(d_x1+(N-1)*mas_t); y1:=round(my1-d_y1- ( T[N-1] - T_min ) *mas_Temp);
x2:=round(d_x1+N*mas_t); y2:=round(my1-d_y1- ( T[N] - T_min ) *mas_Temp);
Pen.color:=clBlack;
if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
else begin
x1:=d_x1+1; y1:=my1-d_y1-1; x2:=mx1-2*d_x1+1; y2:=d_y1;
Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2)); // закрашенный
прямоугольник
for i:=2 to N_stek do begin // i - счетчик точек
внутри стека
x1:=round(d_x1+(i-1)*mas_t); y1:=round(my1-d_y1- ( T[dN+i-1] - T_min ) *mas_Temp);
x2:=round(d_x1+i*mas_t); y2:=round(my1-d_y1- ( T[dN+i] - T_min ) *mas_Temp);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
end;
end;
end;

// ----- 2) psi -----
with Form1.PaintBox2.Canvas do begin
str(psi[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx2+25),3, 'psi = '+stx); // вывод текстового
значения на экран
x1:=round(d_x2+(N-1)*mas_t); y1:=round(my2-d_y2- ( psi[N-1] - psi_min ) *mas_psi);
x2:=round(d_x2+N*mas_t); y2:=round(my2-d_y2- ( psi[N] - psi_min ) *mas_psi);
Pen.color:=clBlack;
if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
else begin
x1:=d_x2+1; y1:=my2-d_y2-1; x2:=mx2-2*d_x2+1; y2:=d_y2;
Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2));
for i:=2 to N_stek do begin
x1:=round(d_x2+(i-1)*mas_t); y1:=round(my2-d_y2- ( psi[dN+i-1] - psi_min ) *mas_psi);
x2:=round(d_x2+i*mas_t); y2:=round(my2-d_y2- ( psi[dN+i] - psi_min ) *mas_psi);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
end;
end;
end;

// ----- 3) p -----
with Form1.PaintBox3.Canvas do begin
str(p[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx3+25),3, 'p = '+stx); // вывод текстового значения
на экран
x1:=round(d_x3+(N-1)*mas_t); y1:=round(my3-d_y3- ( p[N-1] - p_min ) *mas_p);
x2:=round(d_x3+N*mas_t); y2:=round(my3-d_y3- ( p[N] - p_min ) *mas_p);
Pen.color:=clBlack;
if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
else begin
x1:=d_x3+1; y1:=my3-d_y3-1; x2:=mx3-2*d_x3+1; y2:=d_y3;
Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2));
for i:=2 to N_stek do begin
x1:=round(d_x3+(i-1)*mas_t); y1:=round(my3-d_y3- ( p[dN+i-1] - p_min ) *mas_p);
x2:=round(d_x3+i*mas_t); y2:=round(my3-d_y3- ( p[dN+i] - p_min ) *mas_p);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
end;
end;
end;

// ----- 4) PM2.5 -----
with Form1.PaintBox4.Canvas do begin

```

```

    str(n_aer[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx4+25), 3, 'PM2.5 = '+stx); // вывод текстового
значения на экран
    str(d_PM25:4:2, stx); TextOut(round(4/5*mx4-7), 3, ('+stx+' ПДК_мр)); // в долях от ПДК

    x1:=round(d_x4+(N-1)*mas_t); y1:=round(my4-d_y4- ( n_aer[N-1] - n_min ) *mas_aer);
    x2:=round(d_x4+N*mas_t); y2:=round(my4-d_y4- ( n_aer[N] - n_min ) *mas_aer);
Pen.color:=clBlack;
    if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
        else begin
            x1:=d_x4+1; y1:=my4-d_y4-1; x2:=mx4-2*d_x4+1; y2:=d_y4;
            Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2)); // закрашенный
прямоугольник
            for i:=2 to N_stek do begin // i - счетчик точек внутри стека
                x1:=round(d_x4+(i-1)*mas_t); y1:=round(my4-d_y4- ( n_aer[dN+i-1] - n_min ) *mas_aer);
                x2:=round(d_x4+i*mas_t); y2:=round(my4-d_y4- ( n_aer[dN+i] - n_min ) *mas_aer);
                PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            end;
            {-----уровень ПДК_мр -----}
----}
            x1:=d_x4; x2:=round(mx4-2*d_x4);
            y1:=round(my4-d_y4-PDC_mr_PM25*mas_aer); y2:=y1; Pen.Color := clMaroon;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            y1:=round(my4-d_y4-PDC_ss_PM25*mas_aer); y2:=y1; Pen.Color := clRed;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            end;
        end;

// ----- 5) CO -----
-----
with Form1.PaintBox5.Canvas do begin
    str(CO[N]:5:2, stx); TextOut(round(1/2*mx5+25), 3, 'CO = '+stx); // вывод текстового
значения на экран
    str(d_CO:4:2, stx); TextOut(round(4/5*mx5-7), 3, ('+stx+' ПДК_мр)); // в долях от ПДК

    x1:=round(d_x5+(N-1)*mas_t); y1:=round(my5-d_y5- ( CO[N-1] - CO_min ) *mas_CO);
    x2:=round(d_x5+N*mas_t); y2:=round(my5-d_y5- ( CO[N] - CO_min ) *mas_CO);
Pen.color:=clBlack;
    if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
        else begin
            x1:=d_x5+1; y1:=my5-d_y5-1; x2:=mx5-2*d_x5+1; y2:=d_y5;
            Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2)); // закрашенный
прямоугольник
            for i:=2 to N_stek do begin // i - счетчик точек внутри стека
                x1:=round(d_x5+(i-1)*mas_t); y1:=round(my5-d_y5- ( CO[dN+i-1] - CO_min ) *mas_CO);
                x2:=round(d_x5+i*mas_t); y2:=round(my5-d_y5- ( CO[dN+i] - CO_min ) *mas_CO);
                PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            end;
            {-----уровень ПДК_мр -----}
----}
            x1:=d_x5; x2:=round(mx5-2*d_x5);
            y1:=round(my5-d_y5-PDC_mr_CO*mas_CO); y2:=y1; Pen.Color := clMaroon;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            y1:=round(my5-d_y5-PDC_ss_CO*mas_CO); y2:=y1; Pen.Color := clRed;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            end;
        end;

// ----- 6) CO_2 -----
-----
with Form1.PaintBox6.Canvas do begin
    str(CO_2[N]:1:3, stx); TextOut(round(1/2*mx6+25), 3, 'CO_2 = '+stx); // вывод текстового
значения на экран
    str(d_CO_2:3:1, stx); TextOut(round(4/5*mx6-7), 3, ('+stx+' ПДК_мр)); // в долях от ПДК
    x1:=round(d_x6+(N-1)*mas_t); y1:=round(my6-d_y6- ( CO_2[N-1] - CO2_min ) *mas_CO2);
    x2:=round(d_x6+N*mas_t); y2:=round(my6-d_y6- ( CO_2[N] - CO2_min ) *mas_CO2);
Pen.color:=clBlack;
    if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
        else begin
            x1:=d_x6+1; y1:=my6-d_y6-1; x2:=mx6-2*d_x6+1; y2:=d_y6;
            Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2));
            for i:=2 to N_stek do begin
                x1:=round(d_x6+(i-1)*mas_t); y1:=round(my6-d_y6- ( CO_2[dN+i-1] - CO2_min ) *mas_CO2);
                x2:=round(d_x6+i*mas_t); y2:=round(my6-d_y6- ( CO_2[dN+i] - CO2_min ) *mas_CO2);
                PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
            end;
            {-----уровень ПДК_мр -----}
----}
            x1:=d_x6; x2:=round(mx6-2*d_x6);

```

```

        y1:=round(my6-d_y6-PDC_mr_CO2*mas_CO2); y2:=y1; Pen.Color := clMaroon;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
        end;
        end;

// ----- 7) CH_2O -----
-----
with Form1.PaintBox7.Canvas do begin
    str(CH_20[N]:5:2,stx); TextOut(round(1/2*mx7+25),3,'CH_2O = '+stx); // вывод текстового
значения на экран
    str(d_CH_20:4:2,stx); TextOut(round(4/5*mx7-7),3,(''+stx+' ПДК_мр')); // в долях от ПДК

    x1:=round(d_x7+(N-1)*mas_t); y1:=round(my7-d_y7- ( CH_20[N-1] - CH2O_min ) *mas_CH20);
    x2:=round(d_x7+N*mas_t); y2:=round(my7-d_y7- ( CH_20[N] - CH2O_min ) *mas_CH20);
Pen.color:=clBlack;
    if N<=N_stek then PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)])
    else begin
        x1:=d_x7+1; y1:=my7-d_y7-1; x2:=mx7-2*d_x7+1; y2:=d_y7;
        Brush.Color := BkColor; FillRect(Rect(x1,y1,x2,y2));
        for i:=2 to N_stek do begin
            x1:=round(d_x7+(i-1)*mas_t); y1:=round(my7-d_y7- ( CH_20[dN+i-1] - CH2O_min ) *mas_CH20);
            x2:=round(d_x7+i*mas_t); y2:=round(my7-d_y7- ( CH_20[dN+i] - CH2O_min ) *mas_CH20);
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
                end;
        {-----уровень ПДК_мр -----}
----}
        x1:=d_x7; x2:=round(mx7-2*d_x7);
        y1:=round(my7-d_y7-PDC_mr_CH_20*mas_CH20); y2:=y1; Pen.Color := clMaroon;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
        // y1:=round(my7-d_y7-PDC_ss_CH_20*mas_CH20); y2:=y1; Pen.Color := clRed;
PolyLine([Point(x1,y1),Point(x2,y2)]);
        end;
        end;

end;

procedure output_to_txt_file;
begin
    append(ft); rewrite(fh); append(fh);
    if date_str <> date_old_str then begin writeln(ft, ' ' + date_str); writeln(fh, '
' + date_str); end;

        write(ft, t_str); writeln(fh, t_str + '<br>');
        str(T[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); writeln(fh, AnsiToUtf8('Температура
(`C)') + ' : '+stx + '<br>'); // переводит строку в кодировку UTF8 (для сайта,
иначе абракадабра)
        str(psi[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); writeln(fh, AnsiToUtf8('Влажность (%)')
+' : '+stx + '<br>');
        str(p[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); writeln(fh, AnsiToUtf8('Давление (мм
Hg)') + ' : '+stx + '<br> <br>');
        str(n_aer[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); write(fh, AnsiToUtf8('Пыль РМ(1.0..2.5)
(ug/m3)') + ' : '+stx);
        d_PM25:=n_aer[N]/PDC_mr_PM25; str(d_PM25:3:2,stx); writeln(fh, ' ('+stx +
AnsiToUtf8('ПДК_мр ') + '<br>');
        str(CO[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); write(fh, AnsiToUtf8('CO (mg/m3)')
+' : '+stx);
        d_CO:=CO[N]/PDC_mr_CO; str(d_CO:3:2,stx); writeln(fh, ' ('+stx +
AnsiToUtf8('ПДК_мр ') + '<br>');
        str(CO_2[N]:4:2,stx); write(ft, ' '+stx); writeln(fh, AnsiToUtf8('CO_2 (%)')
+' : '+stx);
        d_CO_2:=CO_2[N]/PDC_mr_CO2; str(d_CO_2:3:2,stx); writeln(fh, ' ('+stx +
AnsiToUtf8('ПДК_мр ') + '<br>');
        str(CH_20[N]:5:2,stx); write(ft, ' '+stx); write(fh, AnsiToUtf8('CH_2O (ug/m3)')
+' : '+stx);
        d_CH_20:=CH_20[N]/PDC_mr_CH_20; str(d_CH_20:3:2,stx); writeln(fh, ' ('+stx +
AnsiToUtf8('ПДК_мр ') + '<br>');
        if Rain=true then
            stx:='Yes' else stx:='No'; write(ft, ' '+stx); writeln(fh, AnsiToUtf8('Дождь')
+' : '+stx + '<br>');
        writeln(ft); writeln(fh);

    flush(ft); close(ft);

    writeln(fh, '</html>'); flush(fh); close(fh);
end;

```

```

procedure date_and_time;
begin
    t_str:=TimeToStr(Time);
    date_old_str:=date_str; date_str:=DateToStr(Date); // запоминаем дату на предыдущем шаге,
чтобы в случае смены вывести
    Form1.Мемо.Lines.Add('дата и время: ' + date_str + ' ' +t_str); // Val(st_val, CH_20[N],
kod);

    //ShowMessage('текущее время = '+TimeToStr(today)); //ShowMessage('текущая дата =
'+DateToStr(today)); // 30.12.1899 - не работает
    //ShowMessage('Сегодня = '+DateToStr(Date)); //ShowMessage('Завтра = '+DateToStr(tomorrow));
ShowMessage('Вчера = '+DateToStr(Yesterday));

end;

procedure output_of_data;
begin
    date_and_time;
    output_to_txt_file; {dat - файл лучше??? меньше места занимают}
    if N>1 then draw_Graphics_stek; //draw_graphics;

    Form1.idFTP1.Put('time.rr','time.rr', false); //откуда, куда,
    Form1.Мемо1.Lines.Add('Файл time.rr успешно отправлен');
end;

procedure TForm1.ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer); // чтение данных с com-порта
begin
    if ComPort.Connected then begin St:=''; ComPort.ReadStr(St,Count);

        st_val:=Copy(St,2,4);
        Case St[1] of
            'T' : begin Мемо.Lines.Add('-----');
                    if N <> 0 then output_of_data; // вывод предыдущих показаний (в файл и на
графики)
                    Inc(N);
                    Мемо.Lines.Add('1 Температура (°C) = '+st_val); Val(st_val,
T[N], kod); end;
            'H' : begin Мемо.Lines.Add('2 Влажность (%) = '+st_val); Val(st_val,
psi[N], kod); end;
            'p' : begin Мемо.Lines.Add('3 Давление (мм.рт.ст.) = '+st_val); Val(st_val,
p[N], kod); end;
            'r' : begin Мемо.Lines.Add('4 Дождь (Да/Нет) = '+st_val); If
Copy(St,2,1)='y' then Rain:=true; end;
            'a' : begin Мемо.Lines.Add('5 Пыль PM1.0-PM2.5 (ug/m3) = '+st_val); Val(st_val,
n_aer[N], kod); end;
            'u' : begin Мемо.Lines.Add('6 Угарный газ CO (mg/m3) = '+st_val); Val(st_val,
CO[N], kod); end;
            'g' : begin Мемо.Lines.Add('7 Углекислый газ CO_2 (%) = '+st_val); Val(st_val,
CO_2[N], kod); end;
            'f' : begin Мемо.Lines.Add('8 Формальдегид CH_2O (ug/m3) = '+st_val); Val(st_val,
CH_2O[N], kod); end;
        end;

        end;

end;
end.

(*
procedure read_data_from_string;
// var iPos,kod : integer;
begin
    Str_1:=St;
    //----- 1) Температура (°C)
    iPos:=Pos('=',Str_1); // номер первой позиции, на которой встретился символ "="
(это может быть подстрока)
    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,5); // копирует строку длиной 5 (4 значащих цифры
температуры+"." : ##.##), начиная со следующей позиции
    Val(st_val, T, kod); // преобразует строку в число
// Delete (Str_1, 1, iPos); // удаляет из строки Str_1 подстроку с 1 позиции по
iPos: Str_1 стала короче
    //----- 2) Влажность (%)
// iPos:=Pos('=',Str_1); st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,5); // влажность в формате ##.## (%)
// Val(st_val, psi, kod); Delete (Str_1, 1, iPos);
//----- 3) Давление (мм Hg)

```

```

// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,6); // давление в формате ###.## (mm
Hg)
// Val(st_val, p, kod);    Delete (Str_1, 1, iPos);
// ----- 4) Дождь (yes/no)
// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,3); //
// if st_val='yes' then Rain:=true else Rain:=false;    Delete (Str_1, 1, iPos);
// ----- 5) Аэрозоли (N/m3)
// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,10); // #####.##
// Val(st_val, n_aer, kod);    Delete (Str_1, 1, iPos);
// ----- 6) CO (ppm) (ppm= 10(-6)%)
// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,4); // #.##
// Val(st_val, CO, kod);    Delete (Str_1, 1, iPos);
// ----- 7) CO2 (%)
// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,4); //
// Val(st_val, CO2, kod);    Delete (Str_1, 1, iPos);
// ----- 8) CH2O (ppm) (формальдегид)
// iPos:=Pos('=',Str_1);    st_val:=Copy(Str_1, iPos+1,4); //
// Val(st_val, CH2O, kod);    Delete (Str_1, 1, iPos);
end; *)

// предыдущий кривой вариант передачи-считывания с com-порта одной строкой с последующим
разделением на отдельные переменные

// if ComPort.Connected then begin St:=''; ComPort.ReadStr(St,Count);
// Memo.Text := Memo.Text + St;
// Memo.Text := Memo.Text + #13#10; // перевод на другую строку (Enter)
// Memo.Text := Memo.Text + #13#10; // и еще раз, чтобы была пустая строка

{ //read_data_from_string;

// Str_1:=St;
// ----- 1) Температура ('C)
// iPos:=Pos('=',St); // номер первой позиции, на которой встретился символ "="
(это может быть подстрока)
// st_val:=Copy(St, iPos+1,4); // копирует строку длиной 5 (4 значащих цифры
температуры+".": ##.##), начиная со следующей позиции

//stx:='    st_val='+st_val;// Memo.Text:=Memo.Text+st_val;
Memo.Lines.Add(st_val);
//Memo.Text := Memo.Text + #13#10; Memo.Text := Memo.Text + #13#10;

// Val(st_val, T, kod); Str(T:4:2,stx); stx:='T'+stx+'    ';
// Memo.Text:=Memo.Text+ stx; // Memo.Text := Memo.Text + #13#10; Memo.Text := Memo.Text +
#13#10;{}

```