

Департамент образования и науки города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
«Центр дополнительного образования
«Малая академия наук»
Центр выявления и поддержки одаренных детей «Альтаир»
г. Севастополя

**«РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА»**

Работу выполнил:

Минаев Андрей Сергеевич,
учащийся творческого объединения
«Программирование на Python» ГБОУ
ЦДО «Малая академия наук»,
ГБОУ «Гимназия №1», 9 класс;

Научный руководитель:

Минаева Светлана Олеговна,
руководитель творческого
объединения «Программирование на
Python», методист ГБОУ ЦДО «Малая
академия наук»

Севастополь
2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ.....	7
1.1. Экологический мониторинг.....	7
1.1. Современный цех нанесения гальванических покрытий.....	10
1.2. Вредные вещества, выбрасываемые при нанесении покрытий.....	12
1.3. Существующие методы контроля.....	12
РАЗДЕЛ 2 ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСА.....	14
2.1. Принципиальная схема устройства.....	14
2.2. Выбор исполнительных устройств.....	16
2.3. Генератор электричества.....	18
2.3.1. Выбор геометрии ротора	19
2.4. Программное обеспечение.....	23
ВЫВОДЫ.....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ А Вредные вещества, выделяющиеся в процессе нанесения гальванического покрытия	
ПРИЛОЖЕНИЕ В Текст программы	

ВВЕДЕНИЕ

“От планов нужно, конечно, быстрее переходить к действиям. Нам предстоит отработать и внедрить систему мониторинга качества воздуха, в дальнейшем распространить такой контроль на всю страну, причём не только за состоянием воздуха, но и воды, и почвы, то есть сформировать полноценную систему экологического мониторинга.” [1]

В настоящее время перед нашей страной и всем миром в целом стоит вопрос сохранения окружающей среды. В своем обращении к федеральному собранию от 15 января 2020 года президент российской федерации подчеркнул необходимость создания системы мониторинга качества воздуха, а также сформировать полноценную систему экологического мониторинга. В этом же году министерство экономики и развития подготовило программу мероприятий по сокращению выбросов в атмосферу до 2050 года. Однако на практике внедрение программы привело к неожиданным результатам.

По результатам мониторинга 2020 года количество нарушений по выбросам в атмосферу за три первых квартала превысило уровень нарушений прошлого года почти в три раза. Данный феномен объясняется двумя явлениями: с одной стороны после простоя производств во втором квартале производители увеличили объёмы выпускаемой продукции и оставили вопрос превышения выбросов в атмосферу без внимания. Регулярный контроль за выбросами вредных веществ в атмосферу осуществляется согласно ФЗ от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об охране атмосферного воздуха" ст. 23 «Мониторинг атмосферного воздуха».

Мониторинг качества атмосферного воздуха проводится на стационарных и передвижных измерительных станциях, находящихся в ведении Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Результаты измерений публикуются в ежегодниках о загрязнении окружающей среды [2], где приводятся результаты измерения различных компонентов, в том числе и воздуха. По данным на 2020 год государственная наблюдательная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха (ГНС МЗА) на территории Российской Федерации состояла из 612 стационарных и маршрутных пунктов наблюдений (ПНЗ), что составляет один пункт измерения на 28000 км². На практике пункты измерения располагаются неравномерно, их размещение определяется наличием промышленных предприятий, антропогенным фактором и т.д. Из-за малочисленности измерительных пунктов в статистику часто не попадают локальные загрязнения воздуха в населенных пунктах, расположенных рядом со свалками, животноводческими фермами, не крупными предприятиями.

Начиная с 2019 года в Российской Федерации национальный проект «Экология» в рамках которого осуществляется федеральный проект «Чистый воздух». Первым этапом на пути улучшения ситуации является эффективный учёт выбросов в атмосферу. Проект Постановления Правительства Российской Федерации "О создании и эксплуатации федеральной государственной информационной системы мониторинга качества атмосферного воздуха на территориях эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ" подготовлен Минприроды России 26.08.2019 [3]. Однако по данным новостного агентства РБК в 2020 году было объявлено о переносе запуска системы учёта на один год [4].

Из приведенной выше информации можно сделать общий вывод, что создание автоматизированной сети для мониторинга качества атмосферного воздуха на текущий момент является важной

Цель работы:

Создать модель распределенного комплекса для мониторинга качества воздуха.

Задачи:

1. Провести анализ существующих решений.
2. Разработать систему измерительного устройства.
3. Разработать программное обеспечение для создания сети измерительных устройств.
4. Организовать работу сервера для сбора и обработки полученных данных.
5. Провести сборку, отладку и тестирование макета.

РАЗДЕЛ 1

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

1.1. Типы загрязняющих атмосферу веществ

Для наблюдения за состоянием атмосферы городов и загрязнением окружающего воздуха используются стационарные автоматические станции контроля загрязнения атмосферного воздуха (АСКЗА), а также передвижные мобильные лаборатории (ПЭЛ). Однако возможен вариант проведения измерения определенной группы веществ, превышение концентрации которых ожидается в данной местности. Сегодня общепринятой практикой является ведение непрерывного автоматического мониторинга газообразных неорганических загрязнителей атмосферного воздуха (SO_2 , NO , NO_2 , CO , в некоторых случаях NH_3 , H_2S и O_3) в промышленных районах. Такой перечень компонентов обуславливается их существенным негативным влиянием на экосистему и человеческий организм. В городской среде значительную долю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляют выбросы автомобильного транспорта, для контроля экологической ситуации в кварталах, расположенных вблизи дорог необходимо проводить измерения продуктов горения и оксиды азота.

В промышленных зонах спектр вредных веществ намного шире. Наиболее часто встречающиеся вещества: сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, фтор и его соединения, сероуглерод, сероводород, хлор, синильная кислота и цианиды, ртуть и ее соединения, аммиак, мышьяк и его соединения, сумма углеводородов, углеводороды предельные, углеводороды непредельные), углеводороды ароматические, кислородосодержащие органические соединения, азотосодержащие органические соединения, фенол, смолистые вещества, кислоты, щелочи, свинец и его соединения, сажа, металлы и их соединения, пыль, прочее.

Поскольку состав выбрасываемых веществ крайне широк, в работе будут рассмотрены вещества, вырабатываемые при нанесении покрытий, наиболее

востребованных на посещенном производстве: освещение алюминия, покрытие олово-висмут (ОбВи9), оцинкование (Ц9Хр.бцв). Вредные вещества (приложение А): водород цианистый, щёлочь, серная кислота, оксид хрома (VI), оксид азота (IV).

1.2. Существующие методы контроля выбросов в атмосферу

В наблюдениях за окружающей средой используют различные методы контроля. Виды локального экологического мониторинга:

- **инструментальный** - физико-химические методы измерений. Сбор проб в области загрязнения, проведение лабораторного анализа;
- **расчётный** - определение степени загрязнения на основании информации о выбросах на предприятиях;
- **производственный** - проведение измерений состояния природы на территориях вблизи промышленных объектов и на предприятиях.

Проведение измерений на промышленных объектах

В первую очередь нормирование вредных веществ рассчитывается при проектировании производственных помещений. Исходя из полученных значений, проектируется система вентиляции, подбираются фильтры и системы очистки. Документация для проведения расчётов: Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом (СПб, 1998) [5].

После создания и запуска производства проводится ряд приёмо-сдаточных испытаний с проведением контрольных замеров и ряд периодических проверок.

Для обеспечения безопасности работы сотрудников в цехах могут быть установлены детекторы вредных веществ. Можно выделить две группы



Рис. 1.1 Автоматизированный газоанализатор

предлагаемых на рынке газоанализаторов: портативные ручные и автоматические. В первую очередь работа этих устройств направлена на проверку воздуха внутри рабочих помещений. Чаще всего предлагаются приборы для однократного



Рис.1. 2 Портативный газоанализатор

измерения воздуха. Есть системы, позволяющие провести мониторинг системы на некотором временном интервале для определения динамики работы очистных сооружений. Отличительной чертой всего предлагаемого оборудования является то, что приборы устанавливаются, используются и обслуживаются внутри предприятия. То есть в случае происшествия аварий или при заранее

запланированных больших дозах выбросов вредных веществ измерительное оборудование может быть отключено. Встраивание автономного устройства внутрь трубы, производящей выброс воздуха в атмосферу позволит проводить независимое наблюдение за соблюдением санитарных норм по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Проведение мониторинга на местности (помимо основных пунктов измерения)

В рамках федерального проекта «Чистый воздух» проводится развёртывание измерительной сети в 12 регионах Российской Федерации. Сбор информации планируется проводить на базе ФГБУ «НПО Тайфун», однако на данный момент информация о результатах измерений отсутствует [6].

РАЗДЕЛ 2

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСА

2.1. Структура системы

Предлагается следующее решение задачи мониторинга опасных или потенциально опасных сред. Данные о состоянии воздуха, наличии примесей опасных веществ и прочие данные собираются автономными устройствами, снабженными необходимыми датчиками и процессором, достаточной мощности для первичной обработки данных с датчиков. Данные с заданным интервалом передаются по беспроводной сети (например, IEEE 802.11 Wi-Fi) на центральную точку сети. Это устройство, с одной стороны снабжено беспроводными интерфейсами для связи с автономными измерительными устройствами, а с другой, обладающее достаточным объемом памяти для хранения данных от нескольких десятков устройств.

По сути оно представляет собой небольшой сервер. Задача этой центральной точки собрать данные с автономных устройств и передать их на центральный сервер. Центральный сервер получает данные с множества центральных точек и позволяет пользователям представлять эти данные в наглядном виде (графики, таблицы). Кроме того, центральный сервер позволяет оповещать диспетчерские пункты объектов мониторинга о выбросах, превышающих нормативные показатели.

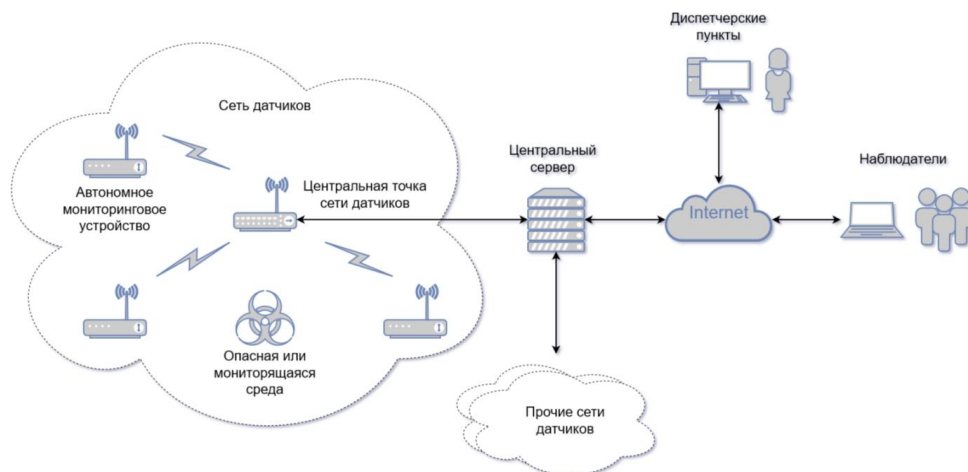


Рис. 2.1 Структура комплекса

2.2. Принципиальная схема автономного измерительного устройства

Измерительное устройство состоит из группы датчиков, измеряющих вредные вещества (тип датчиков определяется в соответствии с местом разворачивания сети), микропроцессорной платы для обработки информации, мультиплексора для расширения количества вводов на микропроцессорной плате. Для автономного использования системы предусмотрен генератор электрического тока. Тип генератора выбирается опционально: при встраивании в вентиляционные каналы используется лопастной генератор, на открытом воздухе целесообразно использовать солнечную панель. Для сохранения сгенерированной электрической энергии применяется аккумуляторная батарея. Связь с сервером осуществляется по WiFi каналу.

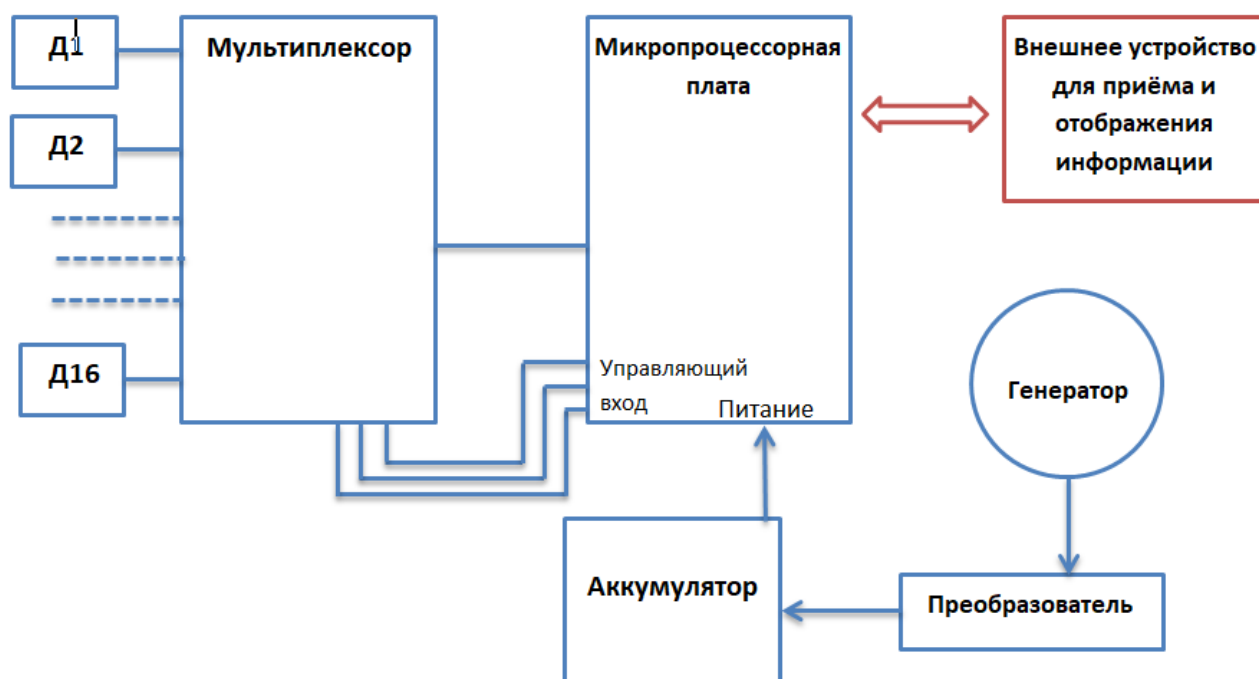


Рис. 2..2 Принципиальная схема устройства управления

На Рис. 2.3 представлена электрическая схема макета измерительного устройства. В качестве измерительных преобразователей использованы датчики спирта и CO₂ (на схеме условно не показаны).

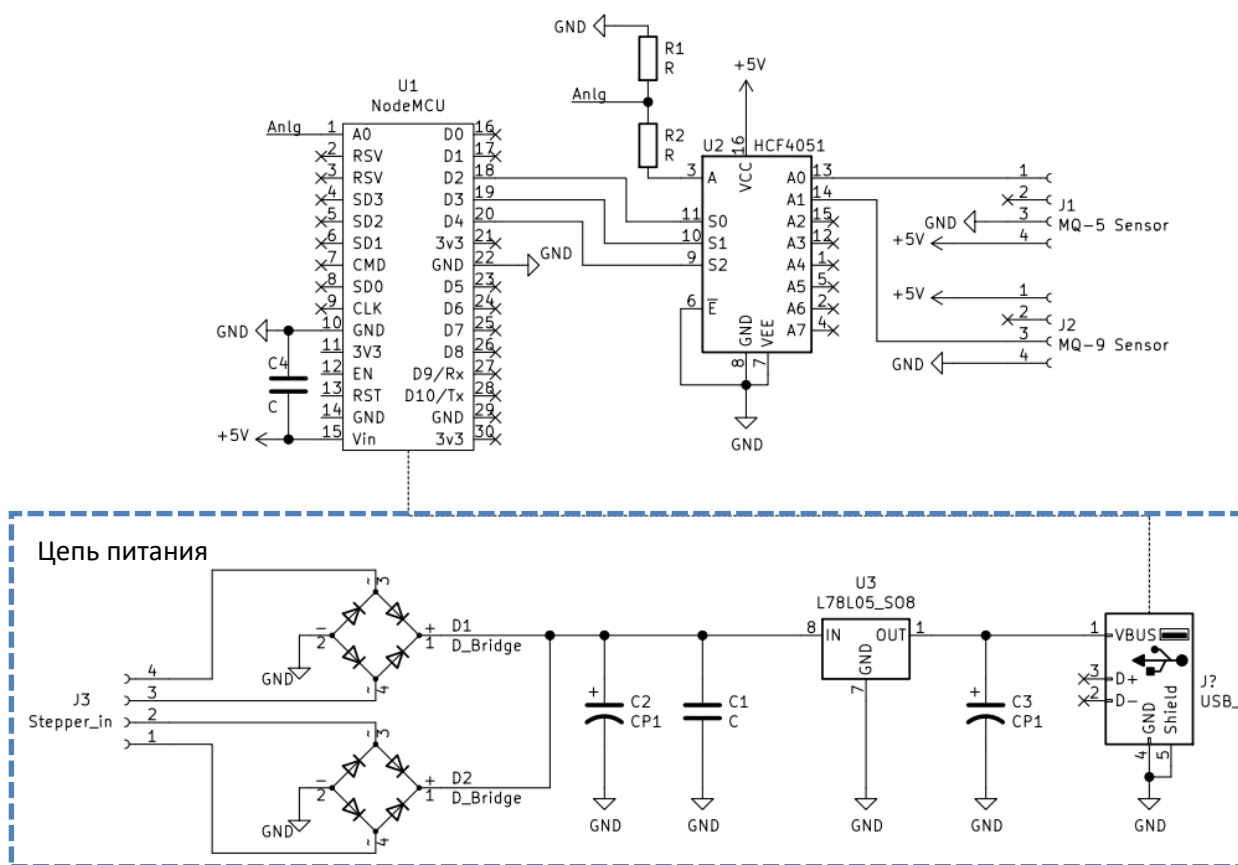


Рис. 2.3 Схема автономного измерительного устройства
электрическая принципиальная

2.3. Выбор исполнительных устройств

Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу зависят от типа производства. Например, типичный набор операций гальванического производства: обезжиривание, травление, покрытие олово-висмут, цинк-хром, серебрение, нанесение никеля, оксидирование чёрных металлов (воронение).

При нанесении покрытий выделяются следующие вещества: хлористый водород (HCl), диоксид азота (NO₂), фтористый водород (HF), цианистый водород (HCN). При внедрении новых типов покрытий количество вредных веществ, подлежащих проверке, может возрастать.

Для определения концентрации вредных веществ в комплексе могут использоваться датчики фирмы ИНКАРМ.



Рис. 2.4 Датчики для определения вредных веществ фирмы ИНКАРМ

Таблица 2.1.

Датчики ИНКАРМ для измерительного комплекса

Марка датчика	Вещество
ИСМ HCl	Хлористый водород
ИСМ NO ₂	Диоксид серы
ИСМ HF	Фтористый водород
ИСМ HCN	Цианистый водород (синильная кислота)
ИСМ PH ₃	Фосфин

Для макетирования устройства использован датчик, работающий с неопасными веществами – датчик паров спирта MQ3 [11].

Диапазон измерений:

Алкоголь: 0,05 мг/л–10 мг/л

Характеристики:

Напряжение питания нагревателя: 5 В;

Напряжение питания датчика: 3,3–5 В;

Потребляемый ток: 150 мА;

Габариты: 25,4×25,4 мм.

Напряжение питания и потребляемый ток данного датчика совпадают с параметрами промышленных датчиков.

В качестве основного устройства управления выбрана плата ESP8266 со встроенным WiFi модулем [9]. Одним из недостатков этой платы является



Рис. 2.5 Датчик для измерения паров спирта MQ3

только один аналоговый вход для подключения датчиков. Для обеспечения возможности работы платы с большим количеством датчиков должен использоваться аналоговый мультиплексор. В проекте был использован 8-канальный аналоговый мультиплексор CD74HC4067.

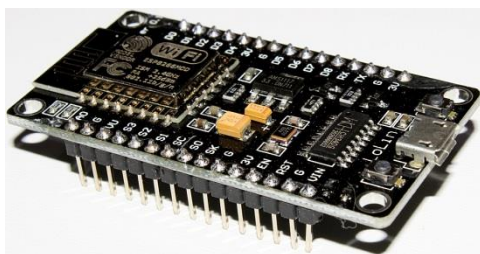


Рис. 2.6 Микросхемы для построения устройства управления: плата

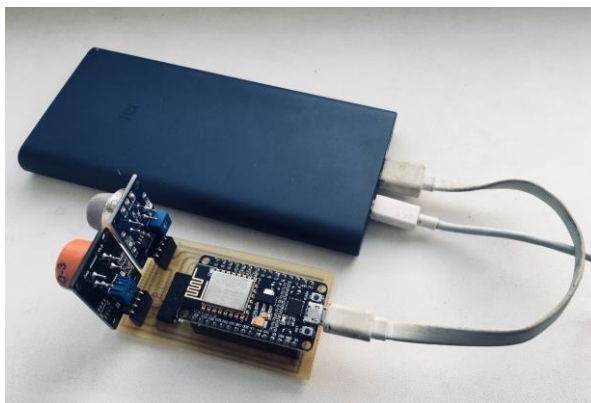


Рис. 2.7 Общий вид измерительного устройства с покупным Power Bank

2.3. Генератор электричества

Для обеспечения автономной работы устройства использован генератор электрического тока. Поскольку устройство устанавливается в вентиляционном канале, для обеспечения работы генератора использован ротор, приводимый в движение потоком набегающего воздуха. Ниже описан процесс подбора типа лопастей для ротора. Выработка электрического тока производится вращением вала двигателя постоянного тока Johnson 2M3341. Для хранения электричества и питания устройства управления Power Bank ёмкостью 500 мАч.

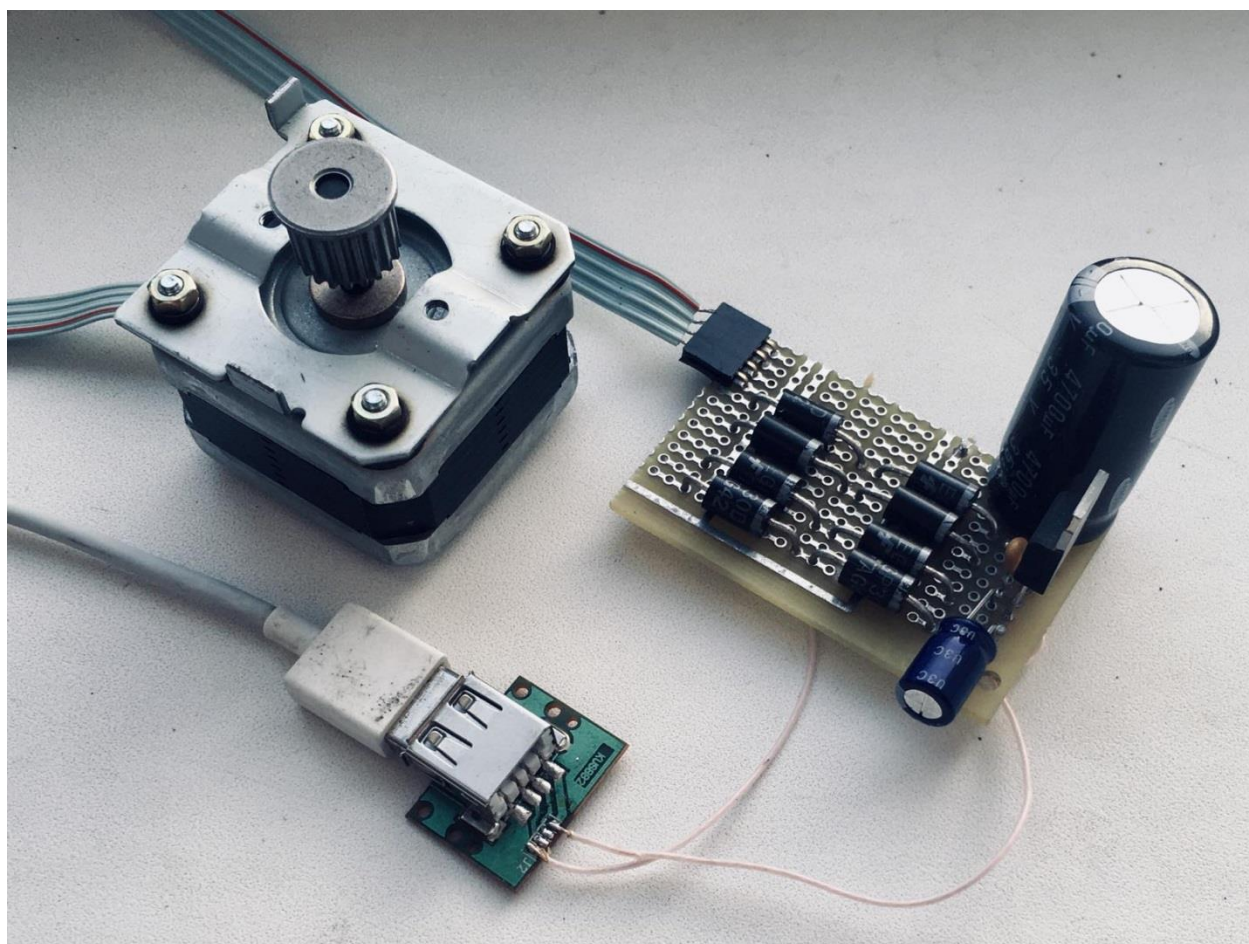


Рис. 2.8 Общий вид генератора электроэнергии

2.3.1. Выбор геометрии ротора

Параметры выходной трубы скруббера, внутри которой размещается устройство:

- диаметр 800 мм;
- расход воздуха 21530 м³/час.

Из имеющейся информации можно рассчитать скорость потока воздуха: 11,9 м/с. Воздушный поток скоростью порядка 10 м/с считается достаточно мощным для обеспечения работы ветрогенератора и с горизонтальной и с вертикальной осью вращения. В отличие от ротора, расположенного в естественной среде, лопасти ротора находятся в стабильном ветровом потоке и оптимальная конфигурация ротора, устанавливаемого в вентиляционном канале может отличаться от модели для улицы.



Рис. 2.9 Оборудование для проведения эксперимента: фены и анемометр

Для выбора конструкции ротора были испытаны четыре модели: ротор Онипко, отличающийся стабильной работой в большом диапазоне скоростей ветра, ротор с пятью винтообразными лопастями, два ротора с прямыми лопастями высотой 15 и 30 мм. Ветровой поток генерировался при помощи двух бытовых фенов. Каждый из фенов имеет 2 скоростных режима. Итого 4 скорости потока воздуха.



Рис. 2.10 Типы исследованных роторов: ротор Онипко, ротор с винтообразными лопастями, ротор с прямыми лопастями.

Для измерения скорости вращения ротора использовался средний мотор из набора Lego Mindstorms EV3. Результаты записывались и сохранялись при помощи стандартного ПО, предлагаемого производителем

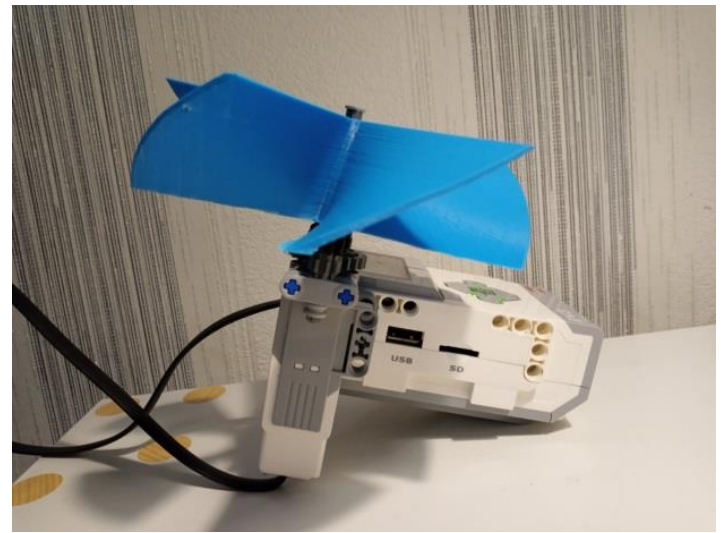
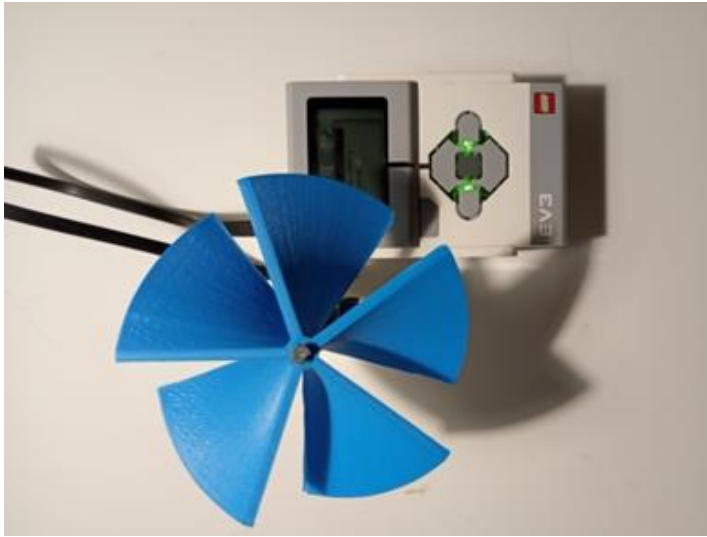


Рис. 2.11 Общий вид измерительного устройства

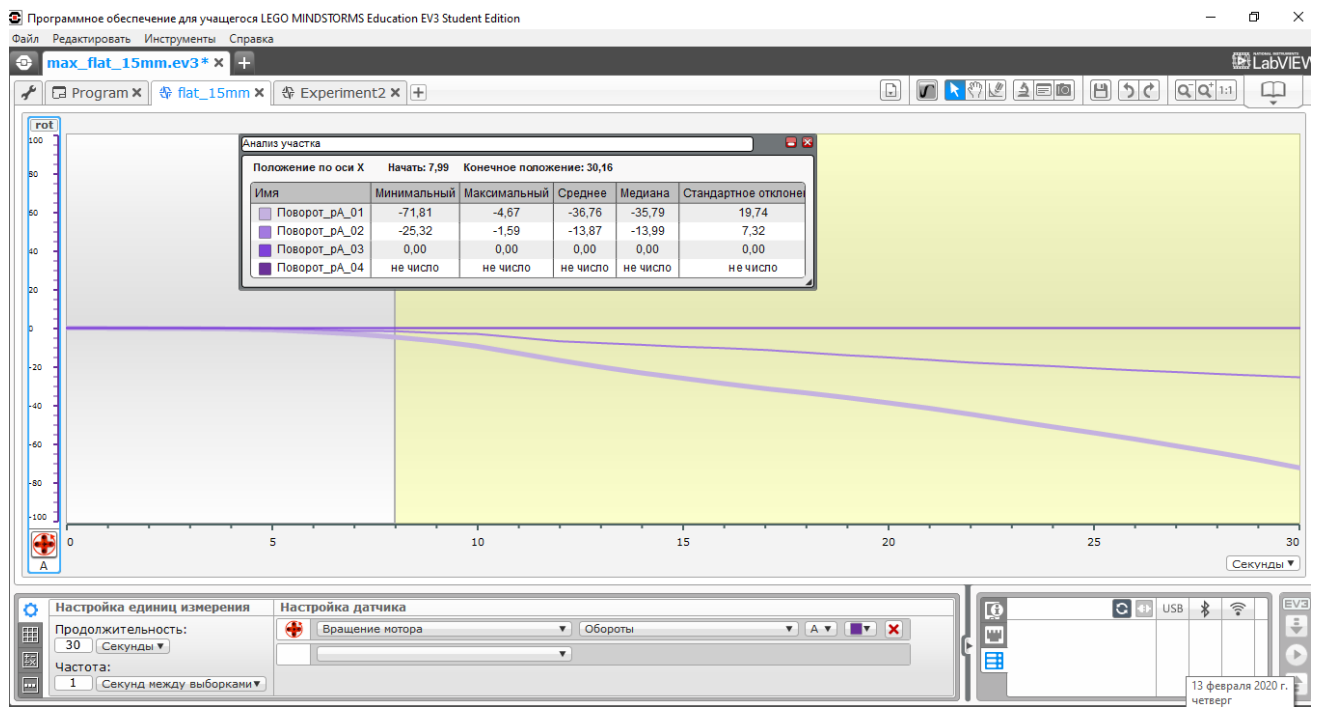

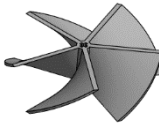
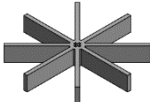
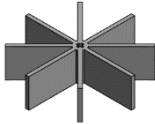


Рис. 2.12 Анализ данных, полученных в эксперименте

Таблица 2.2.

Результаты исследования скорости вращения ротора в зависимости от типа и скорости ветра

Тип ротора	Скорость ветра , м/с			
	3	4,5	6	9
	-	-	-	-
	-	-	-	Редкие отрывочные перемещения
	-	-	1,11 об/сек*	3,05 об/сек
	-	Редкие отрывочные перемещения	4,8 об/сек	от 4,8 до 0 нестабильная работа

Примечание: Так как эксперимент носил сравнительный характер, в таблице приведена скорость вращения вала двигателя. Для вычисления скорости вращения ротора должно быть учтено передаточное число: 24/3 (скорость умножить на 3).

Результаты первой серии роторов оказались не удовлетворительными, поэтому были спроектированы и исследованы другие типы ротора. Лопастей ротора являются составной частью конструкции, что позволило подобрать необходимый угол атаки. Для увеличения генерируемой мощности можно использовать большее количество лопастей.

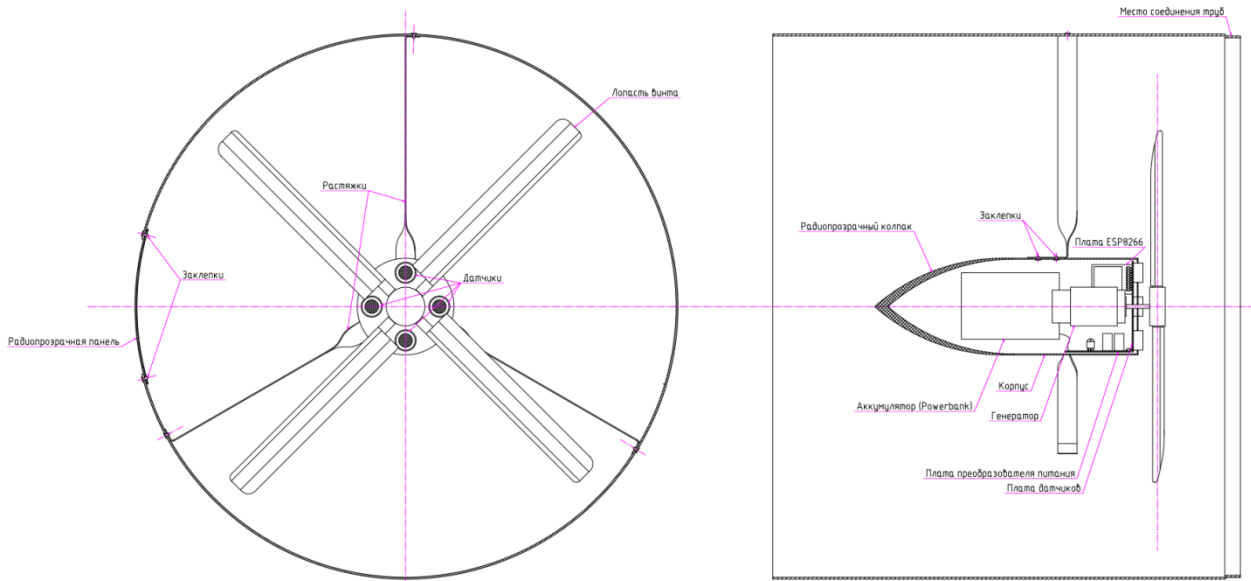


Рис. 2.14 Общий вид испытательной установки

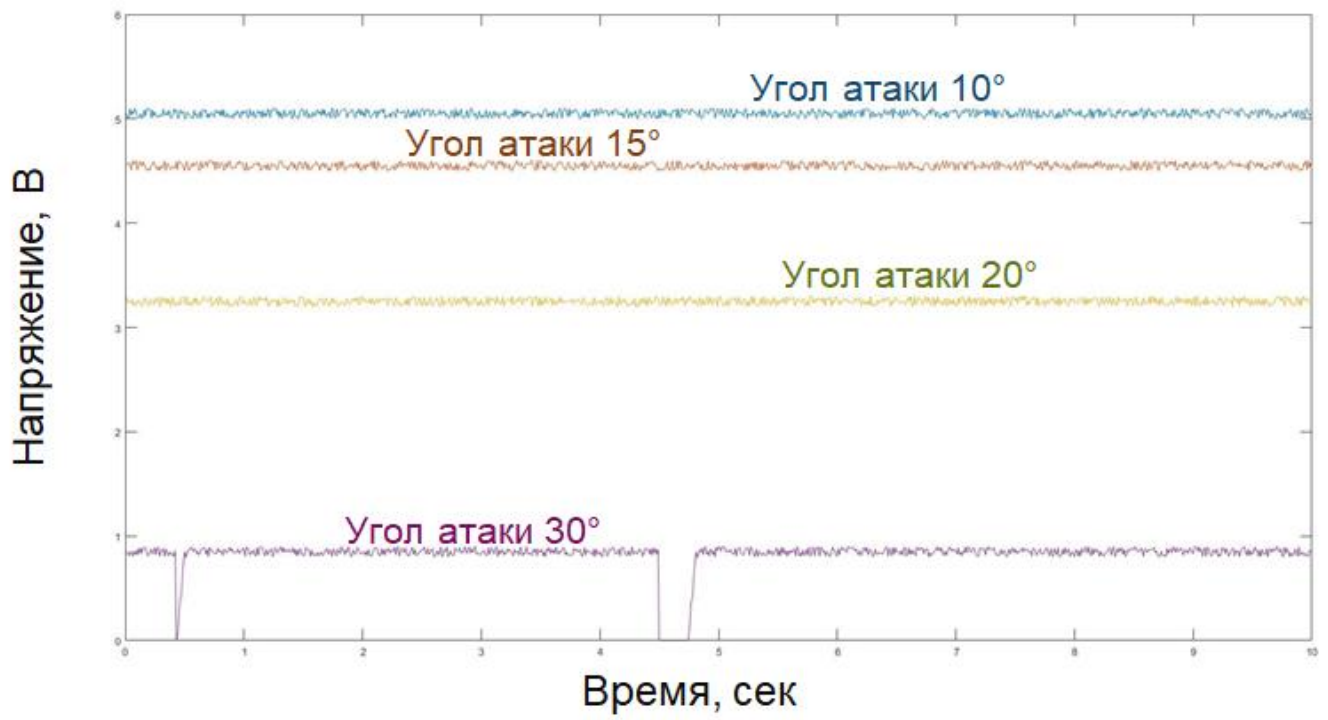


Рис. 2.15 Результаты испытаний

2.4. Программное обеспечение автономного измерительного устройства

Для работы устройства написана программа на языке C/Arduino [8, 12]. Для передачи информации на внешнее устройство используется сеть WiFi. Ниже приведена блок-схема программы, полный текст дан в приложении Б.



Рис. 2.16 Блок-схема программы управления

2.5. Центральная точка сети датчиков

Собранные автономными измерительными устройствами передаются на центральную точку сети. Для сбора и хранения информации с датчиков был использован микрокомпьютер Raspberry Pi 3 B. Он оборудован модулем Wi-Fi, который можно настроить для работы в режиме точки доступа (Access Point). В

этом режиме автономные устройства могут подключаться к сети Wi-Fi, создаваемой микрокомпьютером и передавать собранные данные. Для приема данных было написано серверное ПО, которое работает в постоянном режиме и ожидает HTTP POST запросы от автономных устройств.

В POST запросе передаются следующие данные:

1. Уникальный идентификатор автономного устройства.
2. Тип датчика
3. Массив последних измерений для датчика указанного типа (измерения за 1 минуту)

Если автономное устройство снабжено более чем одним измерительным устройством (датчиком), то в одном запросе пункты 2 и 3 повторяются для всех датчиков.

Программное обеспечение для Raspberry Pi написано на языке Python с использованием библиотек Flask и SQLAlchemy. Для хранения данных используется БД SQLite.

Кроме того, для платы в обеспечения работы режиме точки доступа (Access Point) произведена настройка дистрибутива Raspbian Linux с использованием пакетов hostapd и dnsmasq.

2.6. Анализ полученных данных

На данный момент пользователь может получить следующие данные:

- текущее значение концентрации вещества, промилле;
- средняя концентрация вещества за сутки, промилле;
- средняя концентрация вещества за период проведения измерений, промилле;
- относительная моментальная концентрация вещества, % (2.1)

$$OK = \frac{ИК}{ПДК_{MP}} * 100\%$$

где ИК – измеренная концентрация вещества, промилле; ПДК_{МР}¹ - максимальная разовая концентрация;

- максимальное измеренное значение концентрации вещества за сутки², промилле;
- наличие тренда (ежесуточного увеличения концентрации вещества);
- математическое ожидание суточной концентрации и разброс значений (1, 2, 3 σ).

Здесь будет принтскрин интерфейса пользователя.

¹ **Максимальная разовая ПДК_{мр}** – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не вызывает заметного раздражения при воздействии на человека в течение 20 – 30 мин.

² Производится предварительный статистический анализ на достоверность полученной информации.

ВЫВОДЫ

В ходе проделанной работы был макет распределенного комплекса для мониторинга качества воздуха.

Во время проведения работы решены следующие задачи:

1. Произведен анализ существующих решений.
2. Определены датчики, необходимые для создания устройства.
3. Разработана система управления устройством и схема передачи данных.
4. Разработана система питания устройства.
5. Собран прототип устройства, анализирующий концентрацию паров спирта в воздухе.

Основным преимуществом разработанного изделия является его простота в использовании и низкая стоимость. Эти качества позволяют широко внедрить разработку, сделав её аналогом кассового аппарата, используемого в настоящее время повсеместно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распределенная сеть для анализа качества воздуха – востребованное устройство в современном мире с постоянно возрастающими требованиями к окружающей среде. Применение автономных, фиксирующих качество выбрасываемого в атмосферу воздуха приборов, позволит повысить контроль за недобросовестными предприятиями, загрязняющими окружающую среду. Применение таких устройств также выгодно добросовестным промышленным объектам с качественной системой очистки воздуха – устройство будет отражать реальную ситуацию, подтверждая «чистоту» производства, что снимет излишние притязания экологов, влияние которых в последнее время становится очень весомым.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Путин В.В.. Обращение к Федеральному собранию от 2020 года [Электронный ресурс] - <http://www.kremlin.ru/events/president/news/62582>
2. Ежегодники о загрязнении окружающей среды [Электронный ресурс] - <http://www.meteorf.ru/product/infomaterials/ezhegodniki/>
3. Проект Постановления Правительства Российской Федерации "О создании и эксплуатации федеральной государственной информационной системы мониторинга качества атмосферного воздуха на территориях эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ" (подготовлен Минприроды России 26.08.2019) [Электронный ресурс] - <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56703704/>
4. Новостной портал РБК «В России создание госсистемы мониторинга качества воздуха отложат» [Электронный ресурс] - <https://www.rbc.ru/society/26/10/2020/5f96d6f69a7947448d7f8db9>
5. Методика расчёта выделений загрязняющих веществ в атмосферу при производстве металлопокрытий гальваническим способом [Электронный ресурс] - <http://docs.cntd.ru/document/1200041452>
6. Федеральный информационно-аналитический центр Росгидромета [Электронный ресурс] - <http://www.feerc.ru>
7. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчёт производства, нормирование. / Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – Изд. 2-е, перераб. и доп.; "Глобус". М., 2005 – 240 с.
8. Винницкий Ю.А. Scratch и Arduino для юных программистов и конструкторов. / Под редакцией Е.Кондуковой. – изд-во ВHV, М., 2018 – 176с.
9. Техническое описание платы ESP8266EX [Электронный ресурс] - <http://www.datasheet-pdf.com/PDF/MQ-3-Datasheet-ETC-904635>
10. Техническое описание мультиплексора CD74HC4067 [Электронный ресурс] - <https://static.chipdip.ru/lib/550/DOC001550407.pdf>
11. Техническое описание датчика MQ3 [Электронный ресурс] - <http://www.datasheet-pdf.com/PDF/MQ-3-Datasheet-ETC-904635>

12. Организация работы устройств управления на базе платы Arduino
[Электронный ресурс] - <http://arduinolab.pw/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1

Вредные вещества, выделяющиеся в процессе нанесения гальванического покрытия

Назначение ванн		Температура, °С	Выделяющиеся загрязняющие вещества
1		2	3
Анодное снятие сплава		70 - 80	Щелочь Хрома (VI) оксид Водород хлористый
Декапирование анодное в хромовой кислоте		45 - 50	Хрома (VI) оксид
Железные хлористое		90 - 100	Водород хлористый
Лужение:	кислое	15 - 30	Кислота серная
	щелочное	65 - 75	Щелочь
Меднение цианистое		18 - 25	Водород цианистый
Меднение цианистое		55 - 65	Водород цианистый
Нейтрализация		80 - 90	Щелочь
Никелирование химическое		90 - 95	Аэрозоль никелевого раствора
Обезжиривание:	анодное и катодное	50 - 60	Водород цианистый, щелочь
	и травление совместное	50 - 60	Кислота серная
	химическое	50 - 60	Щелочь
	химическое	50 - 70	Щелочь
	электролитическое	50 - 60	Щелочь
	Электролитическое анодное и катодное	80 - 90	Щелочь
	Обработка в растворе хромпика	95 - 98	Хрома (VI) оксид
Оксидирование:	алюминия и его сплавов	35 - 38	Хрома (VI) оксид
	(черное) листов из магниевых сплавов	85 - 90	Хрома (VI) оксид
	стали щелочное (воронение)	138 - 140	Щелочь
Промасливание		120 - 150	Пары масла
Промывка в горячей воде		70 - 80	Пары воды
Снятие никелевого покрытия		18 - 25	Азота (IV) оксид
Травление:	алюминия, меди и их сплавов	18 - 60	Азота (IV) оксид, щелочь
	в концентрированной соляной кислоте	18 - 25	Водород хлористый
	и обезжиривание совместное	50 - 60	Кислота серная
	Катодное	50 - 70	Кислота серная
	меди, алюминия и их сплавов	18 - 60	Азота (IV) оксид, щелочь
	Химическое	18 - 25	Водород фтористый
	черных металлов	18 - 25	Кислота серная
	то же	60 - 70	Кислота серная
Фосфатирование		94 - 98	Водород фтористый
Хромирование		94 - 98	Водород фтористый
Цинкование:	малоцианистое	18 - 25	Водород цианистый
	цианистое	18 - 25	Водород цианистый
Электрополировка меди и ее сплавов		20 - 40	Хрома (VI) оксид

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Текст программы автономного измерительного устройства

```
/*
 * Smell-o-meter project
 */
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
// array sizes
#define LFILTER 10
// pins for the multiplexer
#define S0 4
#define S1 0
#define S2 2
int sensorPin = 0; // select the input pin for the potentiometer
int value1, value2;
int httpCode;
String httpRequestData;
short filter1[LFILTER];
short filter2[LFILTER];
short currFilter = 0;
short filterSum = 0;
unsigned long prevTime;
const unsigned int timeInterval = 30000; //ms
void setMultiplexer( int i ){
    int s0Value = i & 0x01; // get value of first bit
    int s1Value = (i>>1) & 0x01; // get value of second bit
    int s2Value = (i>>2) & 0x01; // get value of third bit
    digitalWrite( S0, s0Value ); // turn first pin on or off
    digitalWrite( S1, s1Value ); // turn second pin on or off
    digitalWrite( S2, s2Value ); // turn third pin on or off
}
void setup() {
    // Set multiplexer controller pins to output
    pinMode(S0, OUTPUT);
    pinMode(S1, OUTPUT);
    pinMode(S2, OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
    // initializing arrays
    for (int i = 0; i < LFILTER; i++){
        filter1[i] = 0;
    }
    for (int i = 0; i < LFILTER; i++){
        filter2[i] = 0;
    }
}
```

```

}
// Set Wi-Fi
WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.begin("sensor_server", "internetanet");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //Wait for the WiFi connection
completion
  delay(500);
  Serial.println("Waiting for connection");
}
prevTime = millis();
}
void loop() {
  setMultiplexer(0);
  delay(5);
  filter1[currFilter] = analogRead(sensorPin);
  delay(5);
  setMultiplexer(1);
  delay(5);
  filter2[currFilter] = analogRead(sensorPin);
  delay(5);
  currFilter += 1;
  if (currFilter >= LFILTER){
    currFilter = 0;
  }
  if ((millis() - prevTime) >= timeInterval){
    // graph 1 prepare
    filterSum = 0;
    for (int i = 0; i < LFILTER; i++){
      filterSum += filter1[i];
    }
    value1 = div(filterSum, LFILTER).quot;
    // graph 2 prepare
    filterSum = 0;
    for (int i = 0; i < LFILTER; i++){
      filterSum += filter2[i];
    }
    value2 = div(filterSum, LFILTER).quot;
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) { //Check WiFi connection status
      HTTPClient http; //Declare object of class HTTPClient
      http.begin("http://192.168.0.10:8080"); //Specify request destination
      http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
//Specify content-type header
      httpRequestData =
"brd="+String(ESP.getChipId())+"&sensor=0&value="+String(value1);

```

```

    httpCode = http.POST(httpRequestData); //Send the request
    Serial.println(httpCode); //Print HTTP return code
    http.end(); //Close connection

    http.begin("http://192.168.0.10:8080/"); //Specify request destination
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
//Specify content-type header
    httpRequestData =
"brd="+String(ESP.getChipId())+"&sensor=1&value="+String(value2);
    httpCode = http.POST(httpRequestData); //Send the request
    Serial.println(httpCode); //Print HTTP return code
    http.end(); //Close connection

} else {
    Serial.println("Error in WiFi connection");
}

prevTime = millis();

}
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Текст программы центральной точки сети датчиков

Main.py:

```
import flask

from flask import Flask

from flask import request

from flask import render_template

from datetime import datetime

from flask_sqlalchemy import SQLAlchemy

app = Flask(__name__)

app.config['SQLALCHEMY_DATABASE_URI'] = 'sqlite:///test.db'

db = SQLAlchemy(app)

class SensorValues(db.Model):

    id = db.Column(db.Integer, primary_key=True)

    board_id = db.Column(db.Integer, unique=False, nullable=False)

    sensor_type = db.Column(db.Integer, unique=False, nullable=False)

    sensor_value = db.Column(db.Integer, unique=False, nullable=False)

    date_time = db.Column(db.DateTime, nullable=False, default=datetime.utcnow)

    def __repr__(self):

        return '<board_id %r>' % self.board_id

db.create_all()

@app.route("/", methods=['GET', 'POST'])

def request():

    if flask.request.method == 'POST':

        board = int(flask.request.form.get('brd'))
```

```

    sensor = int(flask.request.form.get('sensor'))

    value = int(flask.request.form.get('value'))

    db.session.add(SensorValues(board_id=board, sensor_type=sensor,
sensor_value=value))

    db.session.commit()

    return render_template('index.html', values=SensorValues.query.all())
if __name__ == "__main__":
    app.run(debug=False, host='0.0.0.0', port=8080)

```

index.html:

```

<!DOCTYPE html>

<html lang="en">

<head>

    <meta charset="UTF-8">

    <title>Sensors</title>

</head>

<body>

{% for value in values %}

<span>{{ value.date_time }} | {{ value.board_id }} | {{ value.sensor_type }} -
{{ value.sensor_value }}</span><br>

{% endfor %}

</body>

</html>

```