

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»  
Институт: Теплоэнергетики и теплотехники  
Кафедра «Безопасность труда и инженерной экологии»

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»  
Зав. кафедрой БТИЭ, к.т.н., доцент,  
Абикенова А.А.  
(подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: Анализ загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий с применением автоматизированной системы непрерывного мониторинга

Специальность: 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Выполнил Мүдихан Төле Аманегелдіұлы. Группа МБЖДнп-16

Научный руководитель: Санатова Т.С. - к.т.н., доцент каф.БТИЭ

Т.С. Санатова « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.  
(подпись)

Нормоконтролер: Санатова Т.С. - к.т.н., доцент каф.БТИЭ

Т.С. Санатова « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.  
(подпись)

Рецензент д.т.н., профессор, КазННТУ им. К.И.Сатпаева, Касенов К.М.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.  
(подпись)

Алматы, 2018

## **Аңдатпа**

Урбанизация қарқынының жылдамдауы себебінен Алматы қаласы ауа ортасының ластануының айтарлықтай артуына куәгер болып отыр. Көміртегі тотығы және күкірттің қостотығы сияқты қауіпті газдардың шығарылуы халық денсаулығына зиянды болып қана қоймай, сонымен қатар қоршаған ортадағы қайтымсыз өзгерістерге де әкеп соғуы мүмкін. Қазіргі кезде Алматы қаласында тек қана екі тіркелген ауа сапасын бақылау бар. Осы жұмыстың мақсаты – Алматы қаласының қатты ластанған аудандарында оңай құруға болатын, сымсыз сенсорлы желіні пайдаланатын, қымбат емес және энергиялық тұрғыда тиімді ауа сапасын бақылау жүйесінің жүзеге асыруы. Сондай-ақ қалың бұқара үшін ауа сапасын мониторингілеу нәтижелерінің нақты уақыт режимінде қол жетімді боуын қамтамасыз ету мүмкіндігі туады.

## **Аннотация**

Из-за быстрых темпов урбанизации г. Алматы является свидетелем значительного увеличения загрязнения воздушной среды. Выбросы опасных газов, таких как окись углерода и двуокись серы не только вредны для здоровья населения, но также способны привести к необратимым воздействиям на окружающую среду. В настоящее время существует только два фиксированных воздушных контроля качества в г. Алматы. Цель данной работы – разработать и внедрить недорогую и энергоэффективную систему контроля качества воздуха, использующую беспроводную сенсорную сеть, которая может быть легко развернута в сильно загрязненных районах г. Алматы. Кроме того, для широкой общественности, возможно, обеспечить доступ к результатам мониторинга качества воздуха в режиме реального времени.

## **Annotation**

Due to the rapid pace of urbanization, Almaty faced with significant increase in air pollution. Emissions of hazardous gases such as carbon monoxide and sulfur dioxide are not only harmful to the health of the population, but also can lead to irreversible environmental impacts. Currently, there are only two fixed air quality control in Almaty. The purpose of this work is to implement an inexpensive and energy-efficient air quality control system using a wireless sensor network that can be easily deployed in heavily polluted areas of Almaty. In addition, for the general public, it is possible to provide access to real-time air quality monitoring results.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Институт: Теплоэнергетики и теплотехники

Кафедра: Безопасность труда и инженерной экологии»

Специальность: 6М073100«Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей сред»

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Мудихан Төле Амангелдіұлы.

Тема диссертации «Анализ загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий с применением автоматизированной системы непрерывного мониторинга»

утверждена Ученым советом по университету №148 от «24» октября 2016г.

Срок сдачи законченной диссертации «07» июня 2018г.

Цель исследования: разработка системы мониторинга качества воздуха, способной определять уровень загрязненности воздуха ультрадисперсными частицами, передавать и сохранять измеряемые данные в реальном времени в базу данных, и в конечном итоге предоставить их для дальнейшего анализа и изучения.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

- анализ состояния и оценка изменений качества атмосферного воздуха урбанизированных территорий, оценка урбанизированных территорий в качестве источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- оценка и характеристика района исследования, определение физико-географического расположения, метеорологических и климатических условий г. Алматы и оценка степени загрязненности его воздушной среды;
- исследование существующих методов и инструментов по оценке качества атмосферного воздуха урбанизированных территорий;
- разработка и построение системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сенсорной сети WSN.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Аналитический обзор современного состояния автоматизированных систем мониторинга состояния окружающей среды	9
1.1 Мониторинг состояния окружающей среды. Основные определения и понятия	9
1.2 Анализ существующих автоматизированных систем мониторинга воздушной среды и их функциональных возможностей	13
1.3 Методы организации передачи данных в современных автоматизированных системах экологического мониторинга	33
1.3.1 Классификация систем удаленного доступа к данным	33
1.3.2 Организация удаленного доступа к базам данных с применением Интернет-технологий	35
2 Характеристика района исследования и оценка степени загрязненности его природной среды	42
2.1 Особенности физико-географического расположения г. Алматы	42
2.2 Характеристика растительности и почв	42
2.3 Характеристика животного мира	43
2.4 Гидрогеологические условия	43
2.5 Климатологическая характеристика г. Алматы	44
3 Разработка системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сенсорной сети WSN	49
3.1 Описание	49
3.2 Проектирование аппаратной части системы	49
3.2.1 Arduino Uno R3 Board	49
3.2.2 Сенсорная панель	50
3.2.3 Датчик температуры и влажности (RHT-03)	53
3.2.4 Датчик ультрадисперсных частиц SDS011	53
3.3 Проектирование программной части системы	57
3.3.1 Программирование платы Arduino	57
3.3.2 Программирование компьютерной части	58
3.4 Создание беспроводной сенсорной сети	59
3.4.1 Модуль XBee PRO S2B	59
3.4.2 Описание XBeeShield и сети ZigBee	60
3.4.3 Беспроводная сенсорная сеть	61
3.4.4 Разработка протокола связи	63
3.4.5 Описание формата кадра	63

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Архитектура системы экологического мониторинга ДИЭМ;
2. Обзорная карта Казахстана. Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА);
3. Схема потока данных в среде интерфейса UART;
4. Экранные снимки программного обеспечения X-CTU
5. Блок-схема поведения отдельного сенсора сети.

Основная рекомендуемая литература:

1. Сташеико А.Г., Захаров В.Ю., Зубцовский Н.Е. Контроль окружающей среды: концепция и принципы построения мониторинговых систем реального времени// Экология и промышленность России, N3, 1997.
2. О. Постолах, М. Перейера, П. Жирао, "Smart Sensor Network for Air Quality Monitoring Applications", Proc. of Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 537- 542, Май 2005.

### ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Аналитический обзор современного состояния автоматизированных систем мониторинга состояния окружающей среды	09.12.2016г.	выполнен
2 Характеристика района исследования и оценка степени загрязненности его природной среды	28.04.2017г.	выполнен
3 Разработка системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сенсорной сети WSN	20.10.2017г.	выполнен
4 Экспериментальная часть и результаты исследования	31.01.2018г.	выполнен

Дата выдачи задания «16» сентября 2016г.

Заведующие кафедрой БТИЭ

  
(подпись)

Абикенова А.А.

Научный руководитель  
диссертации

  
(подпись)

Санатова Т.С.

Задание принял к  
исполнению магистрант

  
(подпись)

Мудихан Т.А.

3.4.6	Разработка и внедрение команд	64
4	Экспериментальная часть и результаты исследования	67
4.1	Описание	67
4.2	Установка системы беспроводного мониторинга	67
	Заключение	77
	Список использованной литературы	79

## **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение количества промышленных объектов, урбанизация территории и непрерывное увеличение числа и интенсивности автомобильного транспорта имеет и оказывает ряд негативных явлений и прежде всего это чрезмерное скопление в атмосфере различных пыле- и газообразных загрязнений. В крупных промышленных городах это приводит к необратимым разрушениям окружающей среды.

На данном этапе целью является проведение мониторинга атмосферного воздуха, оценка его качества и предоставление обработанных данных различным группам населения.

Вследствие сложившихся особенностей расположения промышленных предприятий и жилых застроек, город отличается неоднородностью территории, качественного состояния и уровня нагрузки на окружающую воздушную среду (атмосферу). Вместе с тем различия порой достигают значительных величин. В этой связи любой крупный город должен рассматриваться как совокупность экологической и технической систем. При этом обе системы находятся в одно и то же время, на одной и той же территории, и потому находятся в непрерывном взаимодействии друг с другом. На сегодняшний день отсутствует информация о состоянии окружающей среды в режиме реального времени. Поэтому разработка системы автоматизированного мониторинга является *актуальной*.

Для создания системы автоматизированного мониторинга окружающей среды требуется использование технологии беспроводной сенсорной сети WSN, которая дает возможность получения актуальной и детальной информации по состоянию воздушного бассейна.

В первую очередь такая информация будет поступать наиболее уязвимым группам населения, таким как младенцы, беременные матери и пожилые люди, нуждающиеся в уходе. Станции мониторинга посылают отдельные измеренные значения в центральную систему, которая рассчитывает индекс качества воздуха, также известный как AQI (Air Quality Index) для этого города или региона. Он представляет общественности понятную информацию для принятия решений о смене места прибывания или принятия других мер.

**Целью работы** является разработка системы мониторинга качества воздуха, которая способна определять уровень загрязненности воздуха ультрадисперсными частицами, передавать и сохранять измеряемые данные в реальном времени в базу данных, и в конечном итоге предоставить их для дальнейшего анализа и изучения.

Для достижения поставлено цели требуется решение **следующих задач**:

- анализ состояния и оценка изменений качества атмосферного воздуха урбанизированных территорий, оценка урбанизированных территорий в качестве источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

- оценка и характеристика района исследования, определение физико-географического расположения, метеорологических и климатических условий г. Алматы и оценка степени загрязненности его воздушной среды;

- исследование существующих методов и инструментов по оценке качества атмосферного воздуха урбанизированных территорий;

- разработка и построение системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сенсорной сети WSN.

**Методы исследования.** Анализ и обзор существующих методических подходов к оценке качества воздушной среды урбанизированных территорий. Разработка и построение беспроводной сенсорной сети для определения уровня загрязненности воздуха ультрадисперсными частицами. Вывод и обработка данных для конечного пользователя.

**Научная новизна работы** состоит в:

- получение данных о состоянии воздушной среды г. Алматы с использованием системы непрерывного мониторинга на основе применения беспроводной сенсорной сети;

- информировании наиболее уязвимых групп населения о состоянии воздушной среды в зависимости от района пребывания на основе обработки полученных данных исследований.

**Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

- построение системы непрерывного мониторинга воздушной среды г. Алматы на основе беспроводной сенсорной сети;

- сравнение построенной системы мониторинга со существующими системами мониторинга в г. Алматы.

- создание базы данных для хранения, обработки и предоставления информации о степени загрязненности воздушной среды в зависимости от района пребывания.

**Личное участие автора:** проведен сравнительный анализ существующих и предлагаемых систем мониторинга воздушной среды г. Алматы. Построена система непрерывного мониторинга воздушной среды г. Алматы на основе беспроводной сенсорной сети.

**Обоснованность и достоверность научных результатов и выводов,** изложенных в диссертации, подтверждается сравнением полученных данных с данными предоставляемых существующими системами мониторинга воздушной среды г. Алматы;

**Практическая ценность** заключается в возможности предоставления актуальных, обработанных данных мониторинга г. Алматы на основе беспроводной сенсорной сети и прогнозировании состояния воздушной среды.

**Структура и объем работ.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 41 наименования, \_\_\_ таблиц, \_\_\_ рисунков.

# **1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## **1.1 Мониторинг состояния окружающей среды. Основные определения и понятия**

Мониторинг состояния окружающей среды — это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием антропогенных (связанных с деятельностью человека) и природных факторов. [1].

Мониторинг состояния окружающей среды включает в себя мониторинг атмосферного воздуха, лесов, объектов животного мира, земель, водных объектов, состояния недр. [2].

Государственный мониторинг окружающей среды осуществляется государственными органами Республики Казахстан.

Порядок предоставления данных о состоянии окружающей среды регламентируется законодательством РК.

Существует три основных уровня мониторинга:

- а) глобальный биосферный мониторинг;
- б) региональный природохозяйственный или геосистемный мониторинг;
- в) локальный санитарно-гигиенический или биоэкологический мониторинг.

Термин «мониторинг» впервые упоминался в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971 году, а в 1972 году начали появляться первые предложения по Глобальной системе мониторинга окружающей среды (Стокгольмская конференция ООН по окружающей среде) для определения системы целенаправленных повторных наблюдений за элементами окружающей природной среды во времени и пространстве. Несмотря на это, такая система не создана по сей день вследствие разногласий в формах, объектах и объемах мониторинга, распределении обязанностей между уже существующими системами наблюдений. Такие же трудности имеют место в Казахстане, и потому, когда возникает острая необходимость режимных наблюдений за окружающей средой, каждая отрасль должна создавать свою локальную систему мониторинга.

Исходя из вышеизложенного, под мониторингом состояния окружающей среды следует понимать организованный мониторинг окружающей природной среды, при котором, во-первых, обеспечивается непрерывная оценка экологических условий среды обитания биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.) и человека, а также оценка функциональной ценности и состояния экосистем, а во-вторых, обеспечиваются условия для

определения корректирующих (управляющих) воздействий в случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

Согласно возложенным на систему функциями и приведенным определениям, мониторинг включает совокупность базовых процедур, таких как: выделение (определение) объекта наблюдения; исследование (обследование) выделенного объекта наблюдения; разработка информационной модели для объекта наблюдения; планирование измерений; оценка состояния объекта наблюдения и идентификации его информационной модели; прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения; предоставление полученных данных в удобной для пользователя форме и доведение информации до потребителя.

Следует учитывать тот факт, что сама система мониторинга не включает действий по управлению (контролю) качеством среды, но является источником необходимой информации для принятия экологически важных решений.

Система мониторинга состояния окружающей среды должна накапливать, хранить, систематизировать и анализировать данные: о состоянии окружающей среды; о вероятных причинах наблюдаемых и возможных изменений состояния (то есть, о факторах и источниках воздействия); о допустимости, приемлимости изменений и нагрузок на окружающую среду; о имеющихся резервах биосферы.

Таким образом, в систему мониторинга состояния окружающей среды входят наблюдения за состоянием элементов биосферы и за факторами и источниками антропогенного воздействия. Системы мониторинга состояния окружающей среды могут проектироваться на уровне промышленного объекта, поселка, города, района, области, республики.

В 1975 г. была организована Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) под эгидой ООН, но понастоящему эффективно работать система начала только недавно. Данная система состоит из 5 взаимосвязанных подсистем: изучение дальнего переноса загрязняющих среду веществ, климатических изменений, гигиенических аспектов среды, исследования ресурсов суши и Мирового океана. На данный момент существуют 22 сети действующих станций системы глобального мониторинга, а также национальные и международные системы мониторинга. Одна из основных идей мониторинга - выход на совершенно новый уровень компетентности в период принятия решений локального, регионального и глобального масштабов.

Системы мониторинга экосистем и природных сред имеют в своем составе средства наблюдения: экологического состояния водных экосистем и поверхностных вод, экологического состояния наземных экосистем и геологической среды, качества воздушной среды.

Наблюдение в рамках данного типа мониторинга проводится без учета определенных источников эмиссии и не взаимосвязаны с зонами их воздействия. Главный принцип организации — природно-экосистемный.

Целями наблюдений, проводимых в качестве мониторинга экосистем и природных сред, являются: оценка функциональной целостности и состояния среды обитания и экосистем; нахождение изменений природных условий в процессе антропогенной деятельности на определенной территории; изучение изменений экологического климата (многолетнего состояния экологии) территорий.

Человеческая деятельность сопровождается не только катастрофами, всё возрастающими по своей мощности, но и «сопутствующими» повседневной жизнедеятельности самого человека «дыханием» городов, выбросами промышленных предприятий в окружающую среду, скопления бытовых отходов, выхлопными газами автотранспорта и т.п. Также возрастают антропогенные причины многих катастроф. Регулярные аварии нефтяных танкеров; катастрофа в Чернобыле и Фукусиме, взрывы на складах и заводах с выбросами отравляющих веществ и другие не предсказуемые катастрофы — реальность нашего времени. Нарастание мощности и числа аварий показывает беспомощность человека перед лицом приближающейся глобальной экологической катастрофы. Сдвинуть её может своевременное и быстрое масштабное внедрение систем экологического мониторинга. Такие системы успешно применяются в Японии, Западной Европе и Северной Америке. Иными словами, разработка и внедрение систем мониторинга окружающей среды является актуальной задачей.

## **1.2 Анализ существующих автоматизированных систем мониторинга воздушной среды и их функциональных возможностей**

За последние десятилетия состояние окружающей природной среды во многих регионах Казахстана значительно ухудшилась. Причины этого - не только лишь в бесконтрольной деятельности человека, но также и в нехватке достоверных данных о состоянии окружающей среды. Прием, обработка и донесение этой информации заинтересованным органам власти и организациям являются частью задачи систем мониторинга окружающей среды.

Наблюдения за состоянием окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха проводились в нашей стране много лет, однако делалось это, в большинстве, в ручном режиме (отбор проб воздуха - транспортировка в лабораторию - выполнение анализов - запись в журнал - оформление итоговых отчетов), что не позволяло получать и использовать данные в режиме реального времени.

К классическим системам экологического мониторинга можно отнести разработку научно-производственной фирмы ДИЭМ (Диагностика, Информатика, Экологический Мониторинг), которая появилась в середине 90-х годов и специализируется на создании систем экологического мониторинга.

За последние годы специалисты этой компании разработали линейку систем территориального и промышленного экологического мониторинга для различных регионов России и СНГ.

Центр мониторинга представляет несколько IBM PC совместимых объединенных в локальную сеть, компьютеров, выполняющих функции приемника, накопителя, обработки и передачи данных.

Архитектура системы включает: информационно-измерительную сеть; сеть передачи данных; центр мониторинга (ЦМ), а также сеть пользовательских терминалов (рисунок 1.2.1).

Данная сеть совмещает автоматические станции мониторинга (АСМ) и стационарную аналитическую лабораторию, оборудованную терминалами ввода в систему данных лабораторных анализов. Сеть распределения данных обеспечивает сбор измерительных данных, поступающих с АСМ, по радио и/или телефонным линиям связи. Пользовательские терминалы (удаленные и локальные) размещаются в службах и подразделениях, решающих задачи управления и контроля экологической ситуации, и обеспечивают их персонал данными мониторинга в режиме реального времени.

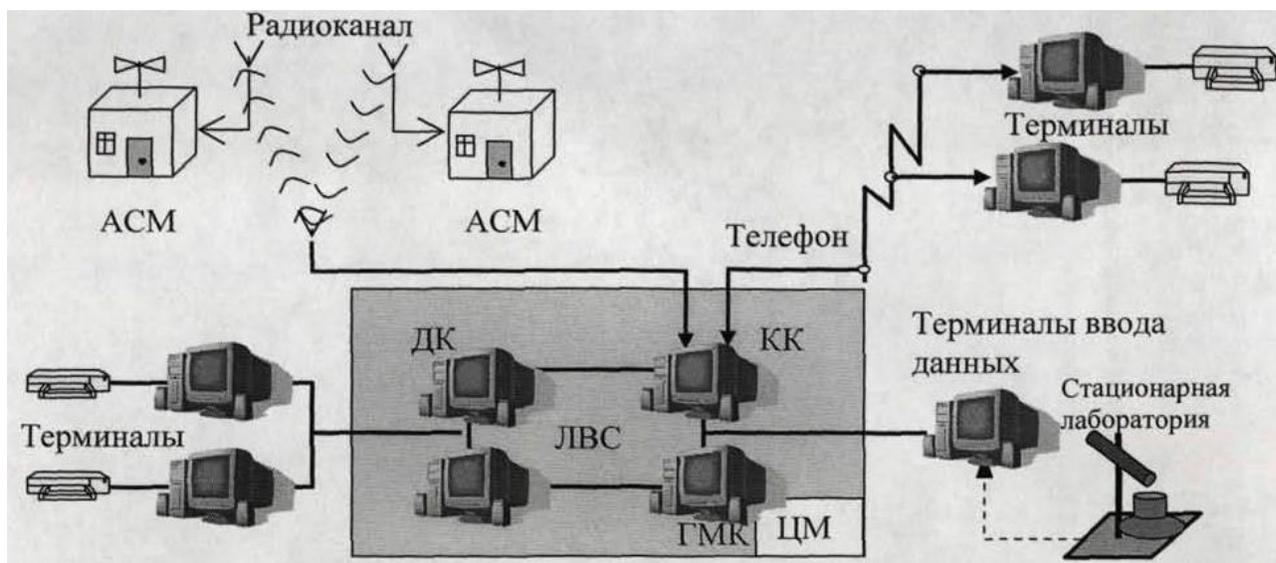


Рисунок 1.2.1 - Архитектура системы экологического мониторинга ДИЭМ

Главная задача автоматической станции мониторинга атмосферного воздуха (АСМ) - быстрое получение и распределение в ЦМ данных о качестве воздуха и метеорологической обстановке в измеряемой точке. Автоматическая станция мониторинга предназначена для выполнения следующих функций: прием и первичная обработка измерительных данных; распределение измерительной информации в ЦМ по его запросу или по собственной инициативе; быстрая идентификация аварийных ситуаций (превышение предельно допустимых концентраций веществ или примесей в атмосфере, отказы, разгерметизация оборудования, пожар) и извещение об этом ЦМ; получение и выполнение команд телеуправления, поступающих от ЦМ (синхронизация времени, установка режимов измерений, калибровка приборов, выключение / включение измерительной аппаратуры). Станция мониторинга работает в полностью автоматическом режиме, устанавливается в закрытом помещении и состоит из определенных функциональных подсистем: измерительная подсистема, информационно-управляющая подсистема, подсистема жизнеобеспечения, подсистема связи.

Подсистема жизнеобеспечения необходима для поддержания внутри помещения необходимого температурного режима, отработки аварийных ситуаций (возгорание внутри помещения, вскрытие выходной двери), а также для определения отключения электропитания и управления запуском станции при его повторном запуске.

Поддержание установленной температуры ( $+20 \pm 4^\circ\text{C}$ ) внутри станции обеспечивается электронным блоком температурной стабилизации, функционирующим по двум температурным пределам: нижнему и верхнему. Если температура опускается ниже нижнего предела, то включаются нагреватели, если выше верхнего предела, то система охлаждения.

Измерительная подсистема состоит из набора автоматических газоанализаторов (в системе «Астрахань-Газпром» это два прибора: FID520 и AF20M французской фирмы Environment SA, определяющих атмосферные концентрации  $H_2S$ , суммарных углеводородов,  $SO_2$ ) и сенсоров метеопараметров: температуры воздуха, скорости и направления ветра, влажности. Газоанализаторы, а также сенсоры температуры и влажности выдают аналоговые токовые сигналы (4...20 мА), сенсоры направления ветра и скорости имеют цифровые выходы ТТЛ (0...5 В). Настоящие значения по направлению ветра передаются в виде последовательного кода Грея.

Информационно-управляющая подсистема спроектирована на базе IBM PC совместимого компьютера и выполняет все функции, касающиеся обработки информации и управления станцией: управление режимами измерений, опрос приборов измерительной подсистемы, выполнение операций по первичной обработке измерительной информации, выявление и отработка аварийных ситуаций, организация плановых и экстренных проверок и калибровок приборов; организация сеансов связи с ЦМ, обеспечение работы оператора, ведение локальной базы данных, прием и выполнение телекоманд.

В системе применяется промышленный компьютер MicroPC фирмы Octagon Systems, имеющий, кроме всего прочего, широкий диапазон рабочих температур - 40°C...+85°C. Потребляемая мощность которого составляет всего около 20 Вт.

Конфигурация компьютера состоит из: процессорной платы 5025A (процессор i486) с оперативной памятью 4 Мбайт; флэш-диска фирмы M-Systems размером 4 Мбайт; видеоплаты VGA 5420; платы аналогового ввода и цифрового ввода/вывода 5710; накопителя на гибком диске 5814; VGA-монитора и клавиатуры для обеспечения работы оператора АСМ.

Все платы собраны в стандартном шасси 5206. Плата 5710 используется для опроса приборов и сенсоров, а также для выдачи управляющих команд. Все программное обеспечение и локальная база измерительных данных хранится на флэш-диске.

Коммуникационный процесс производит передачу информации. Измерительный процесс производит простые действия по обслуживанию платы 5710 - опрос цифровых и аналоговых входов, передача сигналов на цифровые выходы и т.п. Операторский процесс запускается по необходимости и обслуживает работу пользователя-оператора. Контроллер пакетной радиосвязи КРС-3 подсоединяется к одному из последовательных портов платы 5025A. Все действия синхронизируются управляющим процессом, который отправляет команды другим процессам и получает от них сообщения и данные о выполнении команд. В управляющий процесс заложены алгоритмы решения всех задач измерения, реакции на различные события, поддержки жизнеспособности станции и обмена информацией с Центром мониторинга.

Режимы работы программного обеспечения станции определяются на базе системы конфигурационных файлов.

Описанная выше архитектура программного комплекса станции мониторинга дала возможность реализовать гибкий механизм управления станцией, повысить надежность работы станции и дала широкие возможности развития и модификации программного обеспечения станции, в особенности, его оперативной настройки на возможные конфигурации измерительной аппаратуры.

Центр мониторинга разворачивается как семейство информационно-вычислительного программно-аппаратного комплекса, объединенного в локальную вычислительную сеть. К которому относятся: коммуникационный комплекс (КК), предназначенные для приема данных от измерительной сети; диспетчерский комплекс (ЦК), обеспечивающий оперативную обработку принятых данных, отображения настоящей экологической обстановки и управления работой измерительной сети; архивный комплекс (АК), обеспечивает ведение долговременных архивов измерительных данных и их статистическую обработку; геоинформационный моделирующий комплекс (ГМК), на котором по измерительной информации проводится математическое моделирование настоящей экологической ситуации на рассматриваемой территории, и составляются прогнозы динамики ее развития. Аппаратное обеспечение комплексов, вошедших в состав ЦМ, основывается на IBM PC совместимых компьютерах разряда x86. Локальная сеть проектируется на коаксиальном кабеле и адаптерах Ethernet с применением одноранговой сетевой операционной системы LanSmart 3.22. Оборудование Центра состоит также из аппаратуры связи и ряда периферийных устройств: источники бесперебойного питания, принтеры и др.

Концепция информационных технологий центра мониторинга базируется на требованиях к системам в режиме реального времени. Сетевой обмен между описанными комплексами происходит на двух уровнях: с использованием передачи файлов на разделенном дисковом пространстве и при помощи передачи электронных сообщений посредством сетевого протокола NetBIOS. Первый применяется для обмена содержательными данными, а второй - для передачи управляющих команд и сообщений о событиях между комплексами в режиме реального времени.

Коммуникационный комплекс отвечает за организацию связи ЦМ с АСМ и удаленными терминалами по телефонному каналу и/или радио с возможностью двустороннего инициирования сеансов связи. В рабочем режиме сеансы инициируются КК по графику. В случае возникновения на АСМ аварийной ситуации сеанс инициируется самой АСМ незамедлительно. По завершению любого сеанса полученная информация и соответствующие электронные сообщения пересылаются на ДК.

Диспетчерский комплекс - это автоматизированное рабочее место диспетчера ЦМ, проводящего текущий контроль экологической ситуации на территории. ДК получает от КК и обрабатывает информацию следующих видов:

- а) текущая измерительная информация;
- б) сообщения об аварийных ситуациях на станциях;
- в) сообщения о превышениях допустимых концентраций;
- г) запросы от пользователей удаленных терминалов на получение прогнозов и сводок.

ДК сообщает диспетчеру информацию о текущей ситуации на контролируемой территории, передает принятые запросы и данные на ГМК и АК, передает оперативную информацию о качестве атмосферного воздуха на локальные терминалы.

Программное обеспечение ДК дает возможность диспетчеру Центра формировать команды телеуправления станциями мониторинга и переотправлять их на КК. После получения очередной команды КК инициирует сеанс связи с соответствующей станцией и посылает ей телекоманду, а впоследствии ожидает квитанцию о ее выполнении.

Поддержка запросов удаленных терминалов выполняется по следующему алгоритму. Пользователь удаленного терминала, подключенного к ЦМ; с помощью определенных программных средств создает запрос на получение данных (текущих или ретроспективных) об экологической обстановке. Запрос отправляется в ЦМ, где он принимается КК, распознается ДК и размещается в очередь на исполнение у АК и/или ГМК. Результат выполнения запроса вновь пересылается на КК и отправляется на соответствующий терминал. Помимо обработки запросов КК по своей инициативе отправляет на терминалы текущие сводки согласно с заданными регламентами.

Первичные измерения хранятся на станциях мониторинга в течение установленного срока (по умолчанию 30 дней) и одновременно регистрируются в директорию-почтовый ящик для передачи в Центр. После успешной отправки по каналу связи почтовый ящик чистится. На КК в центре из приемного почтового ящика данные переписываются, в почтовый ящик ДК. Почтовый ящик КК чистится только после успешной перезаписи файлов по локальной сети. Аналогичный механизм реализован и на ДК при отправке обработанных данных отсальными комплексам Центра.

Система спроектирована на основе существующих в городе здравоохранительных и природоохранных структур (подразделения Казгидромета, Комитета по экологии, Центра по санэпидемнадзору) с координирующей и направляющей ролью Администрации города путем доработки указанных структур программно-математическим обеспечением и вычислительной техникой, а также оборудованием, обеспечивающим измерение параметров атмосферного воздуха с периодичностью в один раз в 20 минут, и

Для решения перечисленных выше задач все службы снабжаются программно-техническими комплексами (ПТК) состоящими из ПЭВМ, модема (телефонного или радио), программного обеспечения, принтера, источника бесперебойного питания. Программное обеспечение данных ПТК разработано ГРЦ согласно с требованиями нормативно-технической документации Комитета по экологии, Казгидромета, Центра по санэпидемнадзору Казахстана. Метеостанция дооснащается автоматическим метеокомплексом, измеряющим метеопоказатели с шагом от 1 до 10 минут. ЛМЗАВ дооснащается автоматизированными постами контроля загрязнения атмосферы (АПК), измеряющими загрязнение воздушной среды с шагом 20 минут. Автоматизированные посты контроля разработаны ГРЦ. Помимо этого, на схеме приведены соответствующие структуры предприятия (подобно элементам АСМАКИЗ при наличии таковых), подконтрольные комитету экологии, а также областные службы гидрометеорологии и комитета экологии, которым поступают необходимые отчетные данные подотчетных служб.

На начальном этапе развертывания системы предлагается автоматизировать работу существующих предприятий и служб города с установкой программно-технических комплексов с разработкой модемной связи между ПТК.

Оперативность работы системы при этом будет зависеть от оперативности работы существующих служб предприятий и городских служб. При этом городские службы будут работать не разрозненно (без использования результатов работы друг друга), а совместно, в единой технологической цепи, нацеленной на обеспечение финального результата - обеспечение здоровья населения.

Стоимость работ начального этапа складывается из стоимости работ ГРЦ (2 – 2,5 млн. тг.), стоимости ПТК (1 ПТК - 300 тыс. тг.) и стоимости электронной карты города (360-480 тыс. тг.). Продолжительность начального этапа 8-12 месяцев.

На втором и последующих этапах АСМАКИЗ увеличивается за счет приобретения автоматизированного метеокомплекса и автоматизированных пунктов контроля загрязнения воздушной среды. Российская ассоциация «Атомприбор» (г. Обнинск) производит автоматизированные метеокомплексы, обладающие достаточно высокой надежностью.

В стойке газоаналитического оборудования имеются места для установки многих согласованных газоанализаторов, поэтому АПК может дооборудоваться газоаналитическими устройствами и приборами без доработок и переделок в течение длительного времени по мере возникновения необходимости в мониторинге тех или иных загрязнителей. Пункт контроля может быть изготовлен на производственных площадях ГРЦ.

Автоматизированные системы контроля атмосферных загрязнений разрабатываются в целях осуществления контроля загрязнений воздушной среды в областях или городах. Базу такой системы составляют монтированные в черте города первичные источники информации, определяющие уровень концентрации загрязняющих веществ в воздушной среде. Результаты этих измерений отправляются на компьютер информационно-аналитического центра. Система обеспечивает максимальную автоматизацию всех шагов экологического мониторинга.

Существует три вида первичных источников информации:

- а) Стационарные посты. Монтируются в наиболее проблемных местах города;
- б) Мобильные или передвижные посты. Благодаря ним экологическая обстановка контролируется на крупных магистралях города;
- в) Ввод данных вручную. Подобным образом, в систему поступают данные, которые могут быть получены при проведении сложных лабораторных анализов.

Посты мониторинга оборудуются специальной аппаратурой, с помощью которой все измерения производятся автоматически. Это означает, что с заданной периодичностью результаты измерений загрязняющих веществ автоматически пересылаются в информационно-аналитический центр.



Рисунок 1.2.2 - Типы источников первичной информации

При фиксировании превышения значений ПДК система автоматически посылает сигналы оповещения.

Система имеет рабочие станции, оснащенные компьютерами, которые помощью ГИС-приложений отображают информацию в виде карты и цветовой шкалы. Карту можно двигать, масштабировать и при помощи мыши получать детальные данные в точках измерений.

Для предоставления более подробного анализа экологической ситуации в системе используется графическая станция, на которую устанавливается геоинформационная система ArcView и разработанные на ее базе Блок ГИС ЭКОИНФО. Работы с картой – основной сильный инструмент Arc View.

Блок ГИС ЭКОИНФО дает возможность автоматизировать главные этапы работы с информацией вплоть до финального шага, создания отчетного документа.

Используя различные виды визуализации данных, на графической станции возможно произвести сравнительный анализ измеренных показателей с концентрациями загрязняющих веществ, рассчитанных по методикам ОНД-86.

Расчетные значения концентраций загрязняющих веществ возможно представить на карте в виде контуров, поверхностей и точек.

Если с контрольного поста получены значения, превышающие допустимый уровень, то этот пост обязательно привлечет на себя внимание оператора, так как будет отображен на карте как пульсирующая точка. Использование цветовой шкалы визуально дает представление, на сколько измеренные значения совпадают с расчетными данными.

Если ПДК будет превышено на графической станции будет издан звуковой сигнал.

Генерация надписей, заголовков и изображений производится автоматически, что дает возможность исключить возможность случайных ошибок, неизбежных при участии человеческого фактора.

Сервер отправляет свои данные для работы на графической станции системы.

ПЭВМ-приема: программное обеспечение Mail Robot и WEB-Server.

Mail Robot обрабатывает все данные, создаваемые на сервере и отправляет их предустановленным адресатам. WEB-Server дает возможность работать с данными из БД, используя возможности интернета.

Удаленный доступ к информационным источникам состоит из различных вариантов и типов взаимодействия как отдельных компьютеров, так и глобальных и локальных вычислительных баз данных, сетей и т. п. Характерной уникальностью многочисленных схем взаимодействия, относящихся к удаленному доступу, является применение масштабных каналов отправки информации или глобальных сетей при взаимодействии отправителя и приемника данных. Помимо того, для удаленного доступа, как правило, присуща несимметричность вышеописанного взаимодействия, когда информация содержится на центральном компьютере в центральной крупной сети, а запрос на информацию приходит с другого удаленного терминала, компьютера или малой локальной сети. Количество удаленных от центральной сети сетей и узлов, которым нужен этот доступ, непрерывно растет, благодаря чему современные средства удаленного доступа рассчитаны на поддержку значительного количества удаленных клиентов.

В [4] приведена универсальная схема информационной системы управления состоянием природной среды, применяемая как для системы в целом, так и для любой геофизической службы, входящей в состав этой системы

(системы наблюдений загрязнений или гидрометеорологической службы). Наиболее универсальным путем к определению структуры системы мониторинга антропогенных изменений природной среды является его разделение на отдельные блоки.

Наблюдения за параметрами окружающей природной среды должны включать наблюдения за факторами и источниками антропогенного воздействия (в том числе источниками излучений, загрязнений и т.п.). Прогнозирование, с одной стороны, есть ни что иное как знание закономерностей изменений состояния природной среды, возможностей численного расчета и наличие схемы, с другой - направленность прогноза в большей степени должна определять состав и структуру наблюдательной сети (обратная связь).

В [4] приведена классификация систем (подсистем) мониторинга. Со стороны системного подхода, различают следующие виды мониторинга: климатический и экологический, медико-биологический (состояние здоровья человека).

В [13] для определения загрязненных участков приземного слоя атмосферы, водных бассейнов и поверхностей почвы авторы применили вертолет с установленной на борту видеосистемой (телевизоры, видеомагнитофоны и видеокамеры) передающей данные в автоматизированный центр обработки. Анализ полученных температурных полей дал возможность обнаружить водные бассейны, участки почвы и места загрязнения атмосферного воздуха (в приземном слое) выхлопными газами и нефтепродуктами. В статье приведены примеры термограмм земной поверхности. В [14] рассмотрено метрологическое обеспечение измерительно-вычислительных систем, контролируемых свойства и состав веществ. Перечислены характеристики, недостатки и достоинства метрологического обеспечения.

В статье [15] рассмотрены микропроцессорные средства экологического контроля атмосферного воздуха. Рассмотрены вопросы разработки комплекса аппаратуры для контроля атмосферного воздуха, содержащей базовую модель контроля эмиссий. Разобраны различные составляющие блоки в аналогичных микропроцессорных системах. Приложены аппаратные схемы. Сформулированы выводы по использованию микропроцессорных систем для мониторинга окружающей среды (атмосферного воздуха). В статье [16] предложено применение компьютерной графики в задаче экологического контроля и анализа атмосферного воздуха (определенной территории).

В [17] описан комплекс контроля загрязнения воздуха, который используется для удаленного зондирования аэрозолей и газообразных компонентов, а также дает возможность обеспечить постоянный автоматизированный контроль загрязнения атмосферного воздуха, определять максимальное количество компонент с высокой точностью и на большой дистанции.

В [18] представлены системы и приборы контроля токсичных газов на базе твердотельных сенсоров «Грант» для анализа фтористого водорода и фтора, хлористого водорода и хлора в воздухе рабочей зоны производственных помещений и систем контроля токсичных газов на их основе. В книге [19] рассмотрен радиофизический мониторинг загрязнений природной среды – почвы, атмосферного воздуха и наземных вод. Предложены разнообразные методы удаленного контроля загрязнения в окружающей среде. Перечислены примеры обработки данных и расчеты. В статье [20] представлена разработка проекта мониторинга на базе конкретных данных по экологической ситуации. Сформулированы основные цели построения системы мониторинга, этапы разработки. Освещены вопросы и проблемы, связанные с проблемой разработки и использования систем мониторинга компонентов окружающей среды.

На основании системного анализа содержания и сущности информационных процессов деятельности региональной экологической службы в статье [21] формируется структура информационной системы экологического контроля для отдельного региона, а также ее структурно-функциональная обобщенная форма.

Описываются аппаратная и программно-информационная среды экологического мониторинга. Приводятся потоки информации, указывается порядок их обработки и упорядочения с целью поддержки управленческих решений по сохранению и восстановлению среды обитания животных и растений.

В [8] рассмотрены информационно-измерительные системы в качестве средств мониторинга и контроля атмосферного воздуха. К таковым относятся:

- а) Двухуровневая автоматизированная система контроля и наблюдения за состоянием атмосферы (АНКОС-АГ), на первом уровне которой работает головная автоматизированная станция контроля за загрязнением атмосферы (АСКЗА-Г), стационарная газоаналитическая лаборатория (СГАЛ) и передвижные рабочие группы (ПРГ), на втором - центр обработки данных, измерительно-управляющий вычислительный комплекс, средства отображения информации и регистрации данных, средства передачи данных и каналы связи.
- б) Стационарная станция контроля промышленных выбросов (СКПВ-1), предназначена для контроля количества эмиссий в атмосферу на промышленных предприятиях. Станция проводит непрерывный отбор проб с выхода линии транспортирования (цикличность обслуживания до двух суток), автоматическое измерение в газовом потоке рассматриваемого газотока концентраций 6-ти вредных примесей (диоксида и оксида азота, оксида углерода, аммиака, суммарных углеводородов и диоксида серы), измерение двух

параметров газового потока (давления и температуры) на контролируемом участке газохода, вывод данных на знакосинтезирующее устройство печати СМП-6327. Средства измерений, имеющиеся в комплекте станции, обеспечивают её работу в автоматическом режиме не менее двух суток без дополнительного обслуживания.

СКПВ-1-это комплекс технических средств, включающий в себя: помещение с устройствами жизнеобеспечения, устройство транспортирования пробы, газоаналитическую аппаратуру, приборы измерения характеристик газового потока, устройства сбора и обработки данных и регистрирующее устройство.

- в) Передвижная лаборатория контроля загрязнения воздушной среды ПЛКЗА-1А, являющаяся комплексом технических средств, предназначенных для автоматического и ручного контроля загрязнений воздушной среды оксидами азота, диоксидом серы, оксидом углерода (II), суммарными углеводородами и метеорологических показателей (направления и скорости ветра, относительной влажности и температуры воздуха).

В [9] описаны основные шаги проектирования сети наземных измерений для анализа контроля загрязнений воздушной среды Москвы, состоящей также из подсети мониторинга среды и подсети мониторинга эмиссий. Приведены особенности построения данной сети:

- а) наличие передвижных и стационарных инструментальных средств контроля и центра обработки данных для каждой подсети измерений;
- б) комплекс аналитических и инструментальных методов измерения при проведении мониторинга;
- в) неравномерность точек контроля по территории Москвы, а значит, вероятность изменения частоты и параметров измерений во времени и в пространстве.

Рассмотрена характеристика эмиссий вредных веществ в атмосферу Москвы и динамика изменений эмиссий вредных веществ от автотранспорта и промышленных предприятий за 1987-1989. Главными предприятиями-загрязнителями являются Миннефтехимпром (19.1%), Минэнерго (48.5%), Минавтопром (6.1%), правительство Москвы (11.4%).

Приводится обзор аналогов системы мониторинга Москвы на примере Ломбардии и Милана. Описываются задачи и цели мониторинга атмосферного воздуха Москвы и структура наблюдения за качеством воздуха.

Описываются существующие принципы и методы расположения пунктов наземных наблюдений. Приводится подход к расположению стационарных пунктов, проводится определение необходимого количества пунктов с использованием методов линейной и оптимальной интерполяции. Для линейной

интерполяции представлена методика расчета. Приведен расчет количества мониторинговых станций для Москвы и модели оптимального расположения сети стационарных пунктов контроля качества воздуха. Описывается методика расчета оптимального размещения сети наземных станций контроля качества воздуха, рассмотрен зонально-функциональный метод расположения пунктов контроля, особенности и требования этого расположения, а также предложения по расположению пунктов наблюдений за загрязнением атмосферы. Показана структура комплекса технических средств сети наземных измерений Москвы, состоящую из стационарных и передвижных лабораторий по состоянию атмосферы, стационарных пунктов, передвижных станций контроля эмиссий, службы получения данных от населения, инспекционной службы.

В [22] приведены основные типы и состав автоматизированных систем контроля (АСК) качества воздуха. Отмечают три типа АСК контроля качества воздуха: городские системы, заводские промышленные системы и региональные. Каждая АСК включает четыре основные части: первичные источники информации (анализаторы и датчики), комплекса программных средств, центра обработки информации и каналов связи. Автоматизированные системы могут содержать различное количество первичных источников информации, число и типы преобразователей, различный состав технических средств в информационно-вычислительном центре, который определяется объемом данных и характером обработки информации. При этом, если обработка информации сведена лишь к статистической обработке без анализа и прогнозных расчетов загрязнения атмосферы и выдачи контролирующих решений, система будет считаться только информационной.

Существуют удаленные системы мониторинга, основанные на комплексной аэрофотосъемке. Данный вид исследований дает возможность за короткое время получать данные об экологическом состоянии значительных территорий, при этом с минимальными затратами на единицу площади при достаточно широком наборе регистрируемых показателей. Мониторинговые работы в таком случае подразумевают регулярные, как правило, сезонные территориальные аэросъемки городских агломераций, промышленных центров и территорий интенсивного техногенного воздействия. Масштаб аэросъемочных работ определяется, во-первых, требуемой детальностью исследований, во-вторых - спецификой решаемых задач, и, в-третьих, - имеющимися финансовыми средствами. Чаще всего это работы масштабов 1:10 000 - 1:50 000.

В рамках решения такого рода задач в ГНПП «Аэрогеофизика» спроектирована и используется в производственных масштабах система удаленного экологического и инженерного мониторинга. Аппаратурно-программный комплекс разработан на основе вертолета МИ-8Т. Аэросъемочные работы при аэрозольной, газовой, гаммаспектрометрической съемках выполняются по системе параллельных маршрутов на высоте полета - 150 м и с

интервалом 250 м. При тепловой ИК аэросъемке высота полета составляет — 350-500 м, а межмаршрутное расстояние составляет 350-500 м. Работы проводятся в относительно устойчивой метеорологической обстановке, т.е. при отсутствии осадков (дождя, тумана) и при ветре не более 8 м/с. Для измерения высоты полета используется штатный радиовысотомер РВ-5. Для прокладки плановой привязки и маршрутов измерений применяется спутниковая навигационная система «ЛОЦМАН» (разработка ГНПП «Аэрогеофизика») на базе GPS+GLONASS приемника GG-24 фирмы ASHTECH с дифференциальной коррекцией данных в режиме постобработки, предоставляющую абсолютную погрешность определения координат  $\pm 25$  м. Значения плановых координат и высоты полета, регистрируются на жесткий диск бортового компьютера с интервалом в 1 сек.

Все виды проводимых аэросъемок лицензированы Министерством природных ресурсов России и Роскартографией. Методика АГС съемки сертифицирована МАГАТЭ.

Анализ существующих систем экологического мониторинга воздушной среды, на подобии: автоматических станций для систем экологического мониторинга, проходящие тестовую эксплуатацию на территории РКК «Энергия» им. С.П. Королева, система производственного экологического мониторинга Оренбургского газохимического комплекса, система оперативного оповещения населения о газовой опасности и неблагоприятной экологической обстановке, система производственного экологического мониторинга Астраханского газохимического комплекса и других показал, что почти все они на сегодняшний день основываются на локальных измерительных пунктах, которые производят автоматические измерения метеорологических параметров и концентраций загрязняющих веществ в заданной точке местности с дальнейшей передачей информации в центры сбора данных.

Структура информационного обеспечения для анализа, контроля и управления качеством атмосферного воздуха приведена на рисунке 1.2.3. Она включает: информационно-аналитические, информационно моделирующие, информационные системы и технические средства сбора, информационно-управляющие, автоматизированные системы передачи и отображения данных.

В [23] описаны общие вопросы проектирования информационно-моделирующих систем (ИМС) для решения экологических задач. Приведено понятие геоинформационных систем (ГИС), под которыми подразумевается компьютерно-реализуемая мультисеть, организованная на базе связанных автоматизированных информационных (АИС) [24-26] информационно-моделирующих (ИМС) [27,28] и экспертной систем (ЭС) [29-33].

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

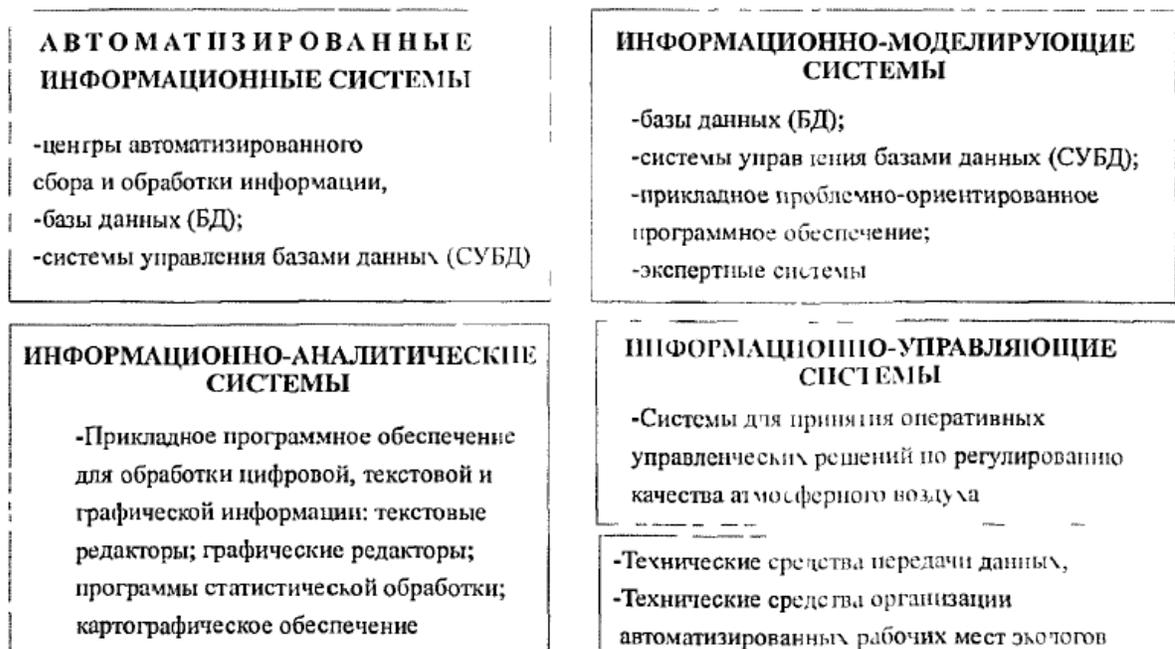


Рисунок 1.2.3 - Структура информационного обеспечения анализа и управления качеством атмосферного воздуха

Таким образом, ИМС являются составной частью систем более высокого уровня. Согласно [23] приведенной в данной работе концепции, ИМС - это организационно-техническая (человеко-машинная) система, являющаяся совокупностью информационной базы, комплекса технических и программных средств и коллектива специалистов для обеспечения ее функционирования и предназначенная для решения задач пользователей на основе сбора, обработки и хранения разнородных данных.

Под информационной базой подразумевается хранилище данных, создаваемое при помощи вычислительной техники для накопления и использования информации, моделей и экспертных систем.

Комплекс технических и программных средств обеспечения функционирования ИМС состоит из одной или нескольких ЭВМ, средств передачи информации, удаленных терминалов, специального и базового программного обеспечения (ОС, СУБД), систем аэрокосмической информации, ППП, программных интерфейсов пользователей, комплексов программ моделирования.

### **1.3 Методы организации передачи данных в современных автоматизированных системах экологического мониторинга**

#### **1.3.1 Классификация систем удаленного доступа к данным**

Детальная классификация систем удаленного доступа приведена в [36] и выполнен анализ пропускной способности каналов передачи данных.

По виду подключения системы удаленного доступа можно классифицировать как системы коллективного и индивидуального доступа. Таким образом, системы индивидуального доступа подразделяются на следующие системы доступа типов: компьютер-компьютер, компьютер-сеть, терминал-компьютер.

Системы коллективного доступа - сеть-сеть подразделяются на типы:

- а) класс SOHO (Small Office/Home Office) соответствует случаю удаленного доступа сетей малых офисов и домашних сетей.
- б) класс ROBO (Regional Office/Branch Office) соответствует случаю подключения к центральной сети сетей средних размеров - сетей региональных подразделений предприятия;
- в) системы удаленного доступа к банкам информации;
- г) системы удаленного доступа принтерам;
- д) системы удаленного доступа к файлам;
- е) системы обмена с центральной сетью факсами и сообщениями электронной почты;
- ж) системы удаленного доступа базам данных.

Также в [36] приведены недостатки и преимущества Internet/Intranet-технологий. Недостатки и достоинства Intranet-технологии возникают из особенностей, заложенных при создании WWW-технологий:

- а) браузер (клиентская программа WWW-сервера) предоставляет единый, более простой интерфейс пользователя;
- б) применение гипертекста обеспечивает связность разнородных данных;
- в) унаследованные недостатки и преимущества архитектуры клиент-сервер приводят к сходным проблемам, появляющимся при использовании баз данных.

К преимуществам относятся:

Корпоративная сеть Intranet - замечательная платформа для публикации данных внутри предприятия. Web-браузер доступен практически для любой клиентской системы по сравнению с фирменными клиентами ПО групповой работы, которых для части платформ может не быть. Web-серверы не нуждаются в аппаратных средствах такой большой мощности (емкости жесткого диска и быстродействия процессора), как, например, классические пакеты для групповой работы наподобии LotusNotes. Рынок ПО для Web-серверов характеризуется высоким уровнем конкуренции - пользователи не привязаны к одному провайдеру. Несмотря на это программы очень хорошо взаимодействуют. Технология Web обладает способностью наращиваемости и может применяться в региональных вычислительных сетях. Современные

средства авторской разработки в комплексе прикладных программ для настольных ПК облегчают новичкам создание HTML-страниц для Web-серверов.

К недостаткам относятся:

Прикладные системы совместной работы для intranet-сетей не обладают большими возможностями традиционного ПО для групповой работы. Имеется ограниченный набор средств привязки Web-серверов к базам данных и другим вспомогательным прикладным системам. Требуется структурировать и поддерживать функционирование отдельных прикладных систем, в частности, таких, как Web-серверы и электронная почта, вместо того, чтобы применять одну унифицированную систему, как в пакетах для групповой работы. Внедрение Intranet требует наличия сети TCP/IP в отличие от других пакетов для групп, которые будут выполнять работу с имеющимися протоколами передачи информации по ЛВС. В intranet сетях нет встроенных средств тиражирования для удаленных пользователей, в то время как в пакетах типа LotusNotes они есть. Язык HTML и протокол HTTP не имеют необходимую мощность для разработки прикладных систем клиент-сервер. Стандарты программирования для Web, к примеру, такие, как Java, являются недостаточно освоенными и относительно новыми.

В [67] приведена методика создания АСЭМ атмосферного воздуха на региональном уровне.

### ***1.3.2 Организация удаленного доступа к базам данных с применением Интернет-технологий***

Наличие диалоговых характеристик в HTML и интерфейса CGI дает возможность строить Intranet-приложения с доступом к БД. Больше всего распространена схема динамической публикации отчетов. При этом в качестве CGI-процедуры применяется параметризуемый генератор отчетов. Но это не единственная схема, также можно применять программы ввода данных в БД. Для управления вводимыми данными лучше использовать сценарии на клиентской стороне, а не серверные процедуры. В случае использования серверных процедур замедляется реакция, и диагностика ошибок носит отложенный пакетный характер.

В случае когда используются традиционные статичные страницы гипертекста, то в ответ на запрос клиента Web-сервер передает страницу в формате HTML. Несмотря на это при работе Intranet-приложения с базой данных адрес URL указывает на серверную программу или сценарий, а не на страницу гипертекста. Серверная процедура принимает введенные пользователем данные, преобразует и передает SQL-запрос и, возможно, данные к СУБД. Сервер БД по запросу производит обновление, выборку, вставку или удаление записей из БД. CGI-процедура (скрипт) полученные результаты конвертирует в формат HTML или в формат диалоговых переменных. После этого Web-сервер отправляет полученную HTML-страницу или значения

диалоговых переменных браузеру для отображения. Так как этот процесс основан на технологии Web, клиентской платформой может стать любой ПК, на котором исполняется Web-браузер, а серверной платформой - любая ЭВМ под управлением Web-сервера.

Применение CGI-процедур имеет ряд недостатков - статичное представление данных, отсутствие динамического просмотра изменения данных в базе данных, конвертация результата-отчета в HTML-файл, процедура «не-помнит-состояний-запросов» - каждое обращение к БД требует повторного установления соединения. Помимо этого, данный принцип работы перегружает коммуникационную среду.

Описанная выше схема по существу является трехзвенной архитектурой клиент-сервер, где Web-сервер является сервером приложений.

### **Выводы по первой главе**

Решение задач экологического мониторинга является актуальной и важной задачей и на сегодняшний день невозможно без использования современных компьютерных и информационных технологий.

Объединение всех составных частей системы мониторинга в единой технологии снижает о минимума затраты на их стыковку, сокращает время преобразования и обмена данных, сводит до нуля потери данных, повышая тем самым эффективность и надежность создаваемых систем.

Открытая архитектура программного и аппаратного обеспечения дает возможность наращивать состав измерительной аппаратуры и внедрять новые алгоритмы контроля состояния окружающей среды, модернизировать и развивать уже внедренные системы.

Опираясь на вышеизложенное можно сделать вывод о целесообразности конструирования интеллектуальных автоматизированных систем экологического мониторинга, используя современные информационные технологии удаленного доступа для мониторинга атмосферного воздуха. Использование интернета в качестве среды передачи информации даст возможность не только организовать удаленный доступ к информационным ресурсам, но и увеличит функциональность системы мониторинга за счет применения гипертекстовых технологий, платформонезависимости, даст возможность просто наращивать дополнительные уровни системы, используя уже существующее оборудование, подсоединять новые пункты сбора данных и т.п.

Современные автоматизированные системы мониторинга любого уровня (регионального, муниципального и т.д.) относятся к классу сложных систем. [75].

Главные проблемы, которые появляются или могут появиться в дальнейшем при разработке интеллектуальных автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха, это:

- а) Обеспечение бесперебойной и надежной связи между удаленными пунктами и центрами сбора данных.
- б) Рост информационных потоков, т.к. возможна передача не только символьных (текстовых), но и мультимедийных (визуальных) данных между пунктами и центрами сбора.
- в) Обеспечение удаленного доступа экспертов к подсистеме пополнения и формирования знаний, определенных лиц, принимающих решения, для получения актуальной информации о состоянии окружающей среды для экстренного информирования, если необходимо, и т.п.
- г) Применение дополнительной информации (вне системы экологического мониторинга атмосферного воздуха) о климатических условиях (температуры, давления, влажности, направлении и силы ветра и т.п.) и состоянии атмосферы, для повышения точности прогнозирования состояния атмосферы и определения источников загрязнения.
- д) Применение новых информационных технологий для решения перечисленных задач на уже имеющемся компьютерном оборудовании, которое стремительно морально устаревает.
- е) Применение многоплатформенных и разнородных пакетов программ (MS Windows разных версий, Linux, UNIX и т.п. операционных систем), которое уже разработано и используется на практике в различных системах экологического контроля.

Таким образом, для решения этих и схожих с ними задач, необходимо описать структуру и разработать автоматизированную систему мониторинга атмосферного воздуха с организацией для целей управления экологической ситуацией обратной связи путем удаленного доступа к ее информационным ресурсам через Интернет в режиме реального времени.

- а) Для построения таких систем, в качестве среды передачи данных использовать глобальную сеть Интернет. Это даст возможность отказаться от создания выделенных кабельных систем передачи данных, которые не только дороги сами по себе, но и не всегда возможны, т.к. могут проходить по территории культурных и исторических заповедников, и могут нанести вред и с экологической точки зрения.
- б) Т.к. Интернет может передавать информацию различного типа, а также, даст возможность удаленного доступа не только к данным, хранящимся на компьютерах пунктов сбора и центров обработки, но и к дополнительной метеоинформации, хранящейся на специализированных сайтах, таким образом решаются сразу несколько из вышеуказанных проблем. Кроме того, через Интернет

можно передавать данные и о состоянии самих пунктов, оснастив их датчиками и, если необходимо, веб-камерами наблюдения.

- в) Для обеспечения «гибкости» системы, облегчения возможности модернизации и замены оборудования, спроектировать и использовать платформонезависимое системное программное обеспечение для разработки «типового каркаса» информационной системы. Конечный пользователь может работать с практически любым, известным ему программным обеспечением, и даже таким оборудованием, как коммуникаторы, сотовые телефоны и т.п.
- г) Для создания экспертной системы принятия решения по управлению экологической обстановкой применять технологии искусственного интеллекта.

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ЕГО ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

### **2.1 Особенности физико-географического расположения г. Алматы**

Город Алматы расположен в пределах полого-наклонной равнины вытянутой вдоль северного хребта Заилийского Алатау. Южные районы города расположены в пределах низкогорья, северные - располагаются на полого наклонной равнине. Уклон поверхности до 5° на север. Рельеф слабоволнистый, с останцевыми буграми и грядами, а также неглубокими, в существенной степени спланированными, долинами и оврагами мелких рек.

Вдоль линии расположения узлов датчиков, между проспектом Аль-Фараби и Райымбека, перепад отметок поверхности достигает 150 м, а уклон поверхности - 0,035°.

Город Алматы характеризуется высокой сейсмичностью, которая достигает 9-10 баллов.

### **2.2 Характеристика растительности и почв**

Растительность и почвы в пределах района разнообразны. Растительность тростниковая, камышовая, кустарниковая. Древесная растительность распространена в прирусловой полосе. Почвы на равнине - это пухлые солончаки, сероземы, болотные почвы и лугово-болотные.

Горная часть территории отличается резкой сменой ландшафтов в вертикальном направлении. В пределах отметок 1000-1800м развиты преобладающе светло-каштановые почвы с травянистой и кустарниковой растительностью. Немного выше - оподзоленные черноземы, на которых растут яблоня, боярышник, осина.

В пределах отметок 1800-2400 м располагается пояс горно-луговых ландшафтов. Здесь развиты леса, чередующихся с участками горных лугов. Преобладают черноземные почвы.

Немного выше идет пояс субальпийских ландшафтов, отличающихся широким распространением плоских выровненных поверхностей - сыртов.

Лесная зона сменяется арчевым стлаником в комплексе с субальпийскими лугами. Почвы тут в основном коричневые лугово-степные, местами карбонатные.

В долинах горных рек развиты морены. Преобладают темноцветные горно-луговые почвы с пышными субальпийскими лугами, местами с лесами ели.

На высотах выше 3100 м преобладают ледники, фирновые поля, скалы, относящиеся к самому высокому поясу - альпийскому. Почвы развиты лишь на поверхности морен, малогумусовые, светлые.

Учитывая предварительно выбранное точки расположения узлов датчиков, беспроводная сенсорная сеть полностью расположена на территории города через жилые районы, не затрагивая зоны природного происхождения.

### **2.3 Характеристика животного мира**

Фауна в Алматинской области разнообразная и богатая благодаря обширным территориям гор и пустынь. Наиболее богаты горные территории на юге области возле границы с Кыргызстаном. Барсы, волки, рыси населяют данные территории. Немного дальше, к северу, на предгорных равнинах дикая природа менее разнообразная, крупных млекопитающих мало. Разнообразие также сокращается из-за быстро растущего города Алматы (население около 2 миллионов), интенсивной сельскохозяйственной деятельности в нижних равнинных зонах области и пригородных зон.

Несмотря на это, широко распространены популяции грызунов: тушканчиков, сусликов, зайцев, сурков, полевых мышей и других. Большое количество популяций птиц в Алматинской области. Это различные коршуны, орлы, дрофа, луни, серый журавль, перепел, сойка, песчаная куропатка, воробьи, фазаны, голуби и другие. Благодаря интенсивного земледелия и широкой урбанизации, рассматриваемая территория птицами не многообразна.

С учетом того, что большинство земель рассматриваемого участка, застроены административными и жилыми зданиями, животный мир характеризуется теми животными, которые обычно живут в таких условиях.

В связи с высокими темпами урбанизации рассматриваемая территория не отличается большим разнообразием видов и подвидов. Отсутствуют зарегистрированные редкие, уязвимые или исчезающие виды птиц и животных. Отсутствуют зарегистрированные в Красной Книге сурки, сайгаки или джейраны. Также нет заболоченных участков. Отсутствуют чувствительные участки или зоны с ценным ландшафтом и нет известных предлагаемых охраняемых зон.

### **2.4 Гидрогеологические условия**

Гидрогеологические условия района определяются геологическим строением, литологическим составом горных пород, тектоникой, климатическими и геоморфологическими условиями территории.

Глубина залегания зеркала подземных вод растет по направлению к горному массиву и доходит до отметки 200 м от поверхности.

Установившейся уровень подземных вод в районе улиц Мате Залки – Саина отмечен на глубине 86,0 м. В долине реки Большая Алматинка установившейся уровень отмечен на глубине 29,9 м.

По своему химическому составу подземные воды кальциевого или гидрокарбонатно-натриевого типов с общей минерализацией от 0,2 до 0,8 г/л. Полностью отвечают требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Вода питьевая».

Коэффициент уровня проводимости  $2 \times 10$  м  $\text{м}^2/\text{сут}$ , коэффициент фильтрации в среднем составляет 47,6 м/сут, водопроницаемость от 320 до 17500  $\text{м}^3/\text{сут}$ , водоотдача 0,2, удельные дебиты артезианских скважин от 1 до 90  $\text{м}^3/\text{час}$ .

## 2.5 Климатологическая характеристика г. Алматы

Климат г. Алматы резко континентальный с большим перепадом годовых и суточных температур воздуха и значительным разнообразием микронзон, обусловленных сменой гипсометрического положения и геоморфологических условий отдельных участков. Особенно резко это отличие различается между равниной и горным массивом.

Метеорологические показатели значительно влияют на рассеивание и перенос вредных примесей, поступающих в воздушную среду.

Наиболее значительное влияние на рассеивание загрязняющих веществ в воздушной среде оказывает температура и режим ветра. На образование уровня загрязнения воздуха оказывают также влияние осадки, туманы и даже радиационный режим.

Капли тумана поглощают примеси, при этом не только вблизи подстилающей поверхности, но и из расположенных выше наиболее загрязненных слоев атмосферы. Исходя из этого можно сказать что, концентрация примесей значительно возрастает в слое тумана и уменьшается над ним.

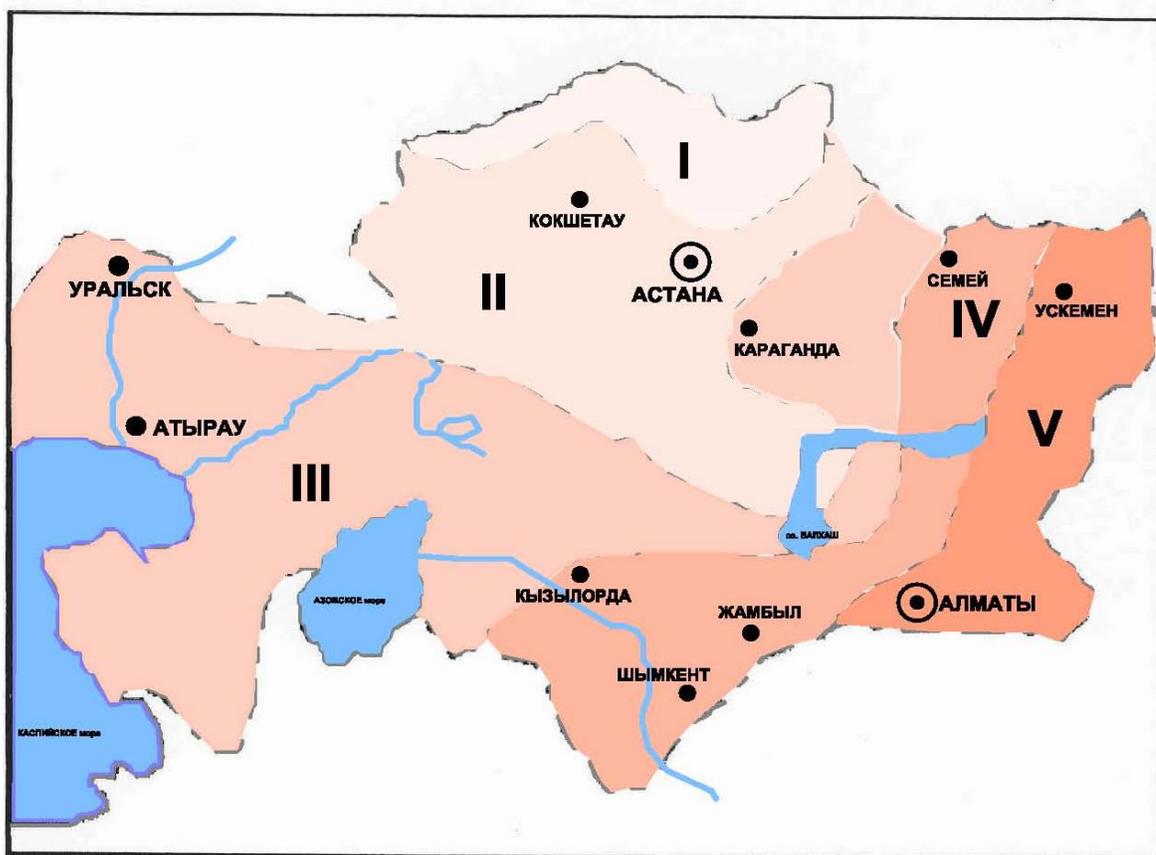
Ветры оказывают значительное влияние на рассеивание и перенос примесей в воздухе, особенно слабые. Такие периоды сильно увеличивается подъем перегретых выбросов в слои воздушной среды, где они рассеиваются. Если при данных условиях наблюдаются инверсии, то возможно образование «потолка», который будет препятствовать подъему выбросов, тем самым концентрация примесей у поверхности земли резко увеличится.

Осадки очищают воздух от примесей. После интенсивных и длительных осадков высокие концентрации примесей наблюдаются значительно реже.

Солнечная радиация способствует фотохимическим реакциям в атмосфере и формированию разнообразных вторичных продуктов, обладающих зачастую более токсичными свойствами, чем вещества, поступающие от источников эмиссий.

Для оценки способности атмосферы к рассеиванию вредных примесей используется термин “Потенциал загрязнения атмосферы” (ПЗА), под которым понимается набор природных процессов, определяющих самоочищение атмосферы.

Согласно существующим районированием территории Казахстана (Рекомендации, 1986) район расположения определенных для мониторинга участков относится к району с очень высоким потенциалом загрязнения атмосферы: ПЗА = V (см. рисунок 2.5.1).



- I** - Зона низкого потенциала
- II** - Зона умеренного потенциала
- III** - Зона повышенного потенциала
- IV** - Зона высокого потенциала
- V** - Зона очень высокого потенциала

Рисунок 2.5.1 - Обзорная карта Казахстана. Потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)

Климатологические характеристики представлены в соответствии с данными наблюдений ДПП «Центр гидрометеорологического мониторинга», г. Алматы РГП «Казгидромет» и МСН 2.04.01-98 «Строительная климатология».

Средняя температура воздуха за год 8,9°С, наиболее теплым является июль месяц со средней температурой воздуха +23,5 °С, самым холодным - январь со средней температурой воздуха -6,5 °С.

Количество осадков за год - 616 мм, из которых в виде дождя 403 мм. Снежный покров в среднем образуется в декабре и разрушается в марте. Средняя толщина снежного покрова достигает до 33 см.

По характеру внутригодового распределения месячных осадков выделяется два максимума - главный весной и второстепенный осенью, и глубокий минимум летом (август).

Нормативная глубина промерзания связных грунтов - 86см, крупнообломочных грунтов до 126 см, вечномёрзлых грунтов нет.

В ветровом отношении г. Алматы относится к спокойным, с преобладающими ветрами южного направления с максимальными скоростями от 1,8 м/сек - зимой, до 26 м/сек - летом.

Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере города приведены в табл. 2.5.1.

Таблица 2.5.1 - Метеорологические характеристики и коэффициенты

Наименование характеристик	Величина
Коэффициент, зависящий от стратификации	200
Коэффициент рельефа местности	1.0
Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца	23,5
Средняя максимальная температура воздуха наиболее холодного месяца	-6,5
Среднегодовая роза ветров, %	
С	14
СВ	8
В	7
ЮВ	14
Ю	30
ЮЗ	9
З	10
СЗ	8
Среднегодовая скорость ветра, м/с	1,1
Скорость ветра, повторяемость превышения которой 5%, м/с	3,0

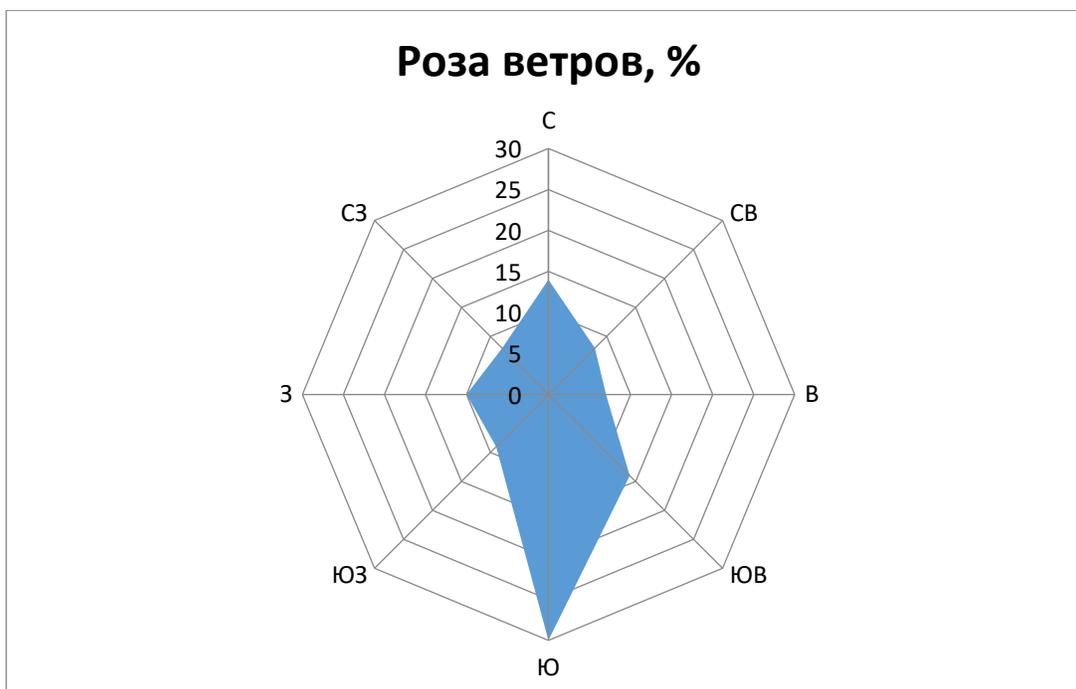


Рисунок 2.5.2 – Среднегодовая роза ветров

Температура по периодам года составляет величины, представленные в табл. 2.5.2.

Таблица 2.5.2 - Температура по периодам года

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
t, °С	-6,5	-5,1	2,0	10,8	16	20,7	23,5	22,8	17	9,5	0,9	-4,5	8,9

В соответствии со справкой ДГП «Центр гидрометеорологического мониторинга», г. Алматы РГП «Казгидромет» точки расположения узлов датчиков автоматизированной системы мониторинга тяготеют к зонам расположения постов:

- а) № 1 - ул. Сатпаева и ул. Сейфуллина;
- б) № 12 - ул. Наурызбай батыра и пр. Райымбек.

Фоновые концентрации по взвешенным веществам по данным наблюдений за период 2013-2017 представлены в табл. 2.5.3.

Таблица 2.5.3 - Фоновые концентрации по взвешенным веществам по данным наблюдений

Вещество	Номер поста	Концентрация Сф-мг/м <sup>3</sup>				
		Штиль 0-2м/сек	Скорость ветра (3-U*) м/сек			
			север	восток	юг	запад
Взвеш.вещества (ПЫЛЬ)	1	0,68	0,5000	0,3250	0,7000	0,3800
Взвеш.вещества (ПЫЛЬ)	12	0,4694	0,2117	0,2022	0,3125	0,1533

По данным замеров в зоне расположения узлов датчиков при НМУ показатели в долях ПДК составляют:

Пост	Вещество	Доли ПДК
1	Взвеш.вещества (пыль)	1,36
	Диоксид серы	0,096
	Оксид углерода	1,88
	Диоксид азота	2,376
	NO <sub>2</sub> +SO <sub>2</sub>	2,427
12	Взвеш.вещества (пыль)	0,9388
	Диоксид серы	0,0644
	Оксид углерода	1,0955
	Диоксид азота	1,5741
	NO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub>	1,6385

Анализ результатов расчета показателя превышений ПДК (доли ПДК) демонстрирует, что разработка и использование автоматизированной системы мониторинга на базе беспроводной сети является актуальной задачей в связи с тем, что в местах выбора установления узлов датчиков уже наблюдается превышение ПДК по ЗВ.

## **3 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ WSN**

### **3.1 Описание**

Разработка системы мониторинга качества воздуха на основе использования технологии беспроводной сенсорной сети WSN состоит из разработки аппаратной части и разработки программного обеспечения системы. Рабочая среда для создания приложения настраивается со всеми необходимыми аппаратными компонентами. Затем разрабатывается программное приложение, которое будет полностью протестировано на аппаратной платформе. В этой главе описывается поэтапная разработка аппаратной системы, за которой следует разработка программного обеспечения и его реализация.

### **3.2 Проектирование аппаратной части системы**

Эта система представляет собой не что иное, как сборку из нескольких плат, начиная с платы Arduino в качестве основы, сенсорной панели датчики RHT-03 и SDS011, и модуля XBee на верхнем уровне, что делает систему компактной по размеру и очень удобной в использовании. В этой главе подробно рассматривается каждая из этих частей, а также принцип их работы.

#### **3.2.1 Arduino Uno R3 Board**

По мере усложнения электронных устройств в последние несколько десятилетий становилось все труднее и дороже работать с оборудованием. На сегодняшний день рост аппаратного обеспечения с открытым исходным кодом открывает путь для создания встроенной электроники. Arduino - недорогой пульт управления, который легко программировать и может подключаться к широкому спектру оборудования. На рисунке 3.2.1 показано оборудование ArduinoUnoBoard.

Arduino - это платформа для создания прототипов электроники с открытым исходным кодом, основанная на гибком и простом в использовании аппаратном и программном обеспечении. Он предназначен для художников, дизайнеров, любителей и всех, кто заинтересован в создании интерактивных объектов или сред. Arduino может чувствовать среду, получая входные данные от различных датчиков и может влиять на основании полученных данных на другие объекты к примеру контролируя свет, двигатели и другие приводы. Микроконтроллер на плате программируется с использованием языка программирования Arduino (на основе платформы для разработки Wiring) и среды разработки Arduino (на основе языка программирования Processing).



Рисунок 3.2.1.1 - ArduinoUno R3 Board

Arduino Uno - это микроконтроллерная плата на базе микроконтроллера ATmega328P - маломощный 8-разрядный микроконтроллер CMOS на основе усовершенствованной RISC-архитектуры AVR. Выполняя сложные инструкции за один такт, ATmega 328P достигает пропускной способности, приближающейся к 1 МИПС (миллион инструкций за секунду) на МГц, что позволяет системе оптимизировать потребление энергии и скорость обработки. ATmega 328P предоставляет следующие возможности: 32 Кбайт внутрисхемного программирования с возможностью записи с контролем (Read-While-Write), 1 Кбайт EEPROM, 2 Кбайта SRAM, 23 линии ввода-вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, три гибких режима «Таймер/Счетчик» с возможностью сравнения, внутренние и внешние прерывания, последовательный программируемый USART, байтовый двусторонний последовательный интерфейс, последовательный порт SPI, 6-ти канальный 10-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь (8 каналов в TQFP и пакеты QFN/MLF), программируемый сторожевой таймер с внутренним осциллятором и пять программных режимов энергосбережения. Режим ожидания останавливает центральный процессор, позволяя продолжить работу SRAM, «Таймер/Счетчика», USART, двустороннего последовательного интерфейса, порта SPI и системы прерывания. Он имеет 14 цифровых входов / выходов (из которых 6 можно использовать как выходы PWM), 6 аналоговых входов, 16 МГц-ый кварцевый генератор, USB-соединение, разъем питания, накопитель ICSP и кнопку сброса [12].

### **3.2.2 Сенсорная панель**

Размер платы и размещение датчиков - это две наиболее важные вещи, которые рассматриваются при разработке сенсорной панели. Большинство доступных газовых датчиков имеют требования к предварительному прогреву за

несколько часов до его использования для рабочих приложений. Данная система использует 3 различных датчика для измерения температуры, влажности и ультрадисперсных частиц РМ 2.5. Детальное изучение принципа работы этих датчиков очень важно для понимания системы мониторинга атмосферного воздуха. В следующих разделах этой главы объясняется подробное исследование этих датчиков.

Основная проблема дизайна тестовой платы заключается в том, чтобы разместить все датчики и попытаться максимально уменьшить размер платы, чтобы обеспечить удобное использование в будущем. Кроме того, несколько датчиков нуждаются в дополнительной подаче тока нагрева вместе с требуемым напряжением питания; в результате они рассеивали больше тепла. В дополнение к этому данные датчики имеют пластиковую крышку, а один датчик имеет металлическую крышку. Также нужно отметить что простой металл обладает большей теплопроводностью для рассеивания тепла по сравнению с пластиком. Таким образом, было сложно разместить датчики на доске, так чтобы это рассеянное тепло не влияло на другие считывающие датчики, особенно датчик температуры.

Другая проблема которая возникает при проектировании сенсорной панели - это потребляемая мощность каждого датчика. Как уже упоминалось ранее, Arduino потребляет до 500 мА тока до состояния перегрузки. Поскольку многие датчики нуждаются в дополнительном токе нагрева, очень важно ограничить подключение некоторых датчиков к Arduino, чтобы избежать повреждения платы. Газовые датчики, используемые в этой системе, требуют 5-6 В постоянного тока, а общий ток потребления меньше 20 мВ, что находится в допустимых пределах. Тем не менее очень важно регулярно проверять утечку тока через любой датчик, чтобы избежать последствий.

Еще одной важной модификацией конструкции сенсорной панели является обеспечение обхода одного или нескольких датчиков в любой момент времени, как показано на рисунке 3.2.2.1. Как упоминалось ранее, в случае сбоя системы это поможет обнаружить неисправный датчик и быстро восстановить систему в работу. Также это поможет избежать использования конкретного датчика, который не требуется приложением, и это в свою очередь, приведет к экономии энергии и увеличению срока службы датчика.

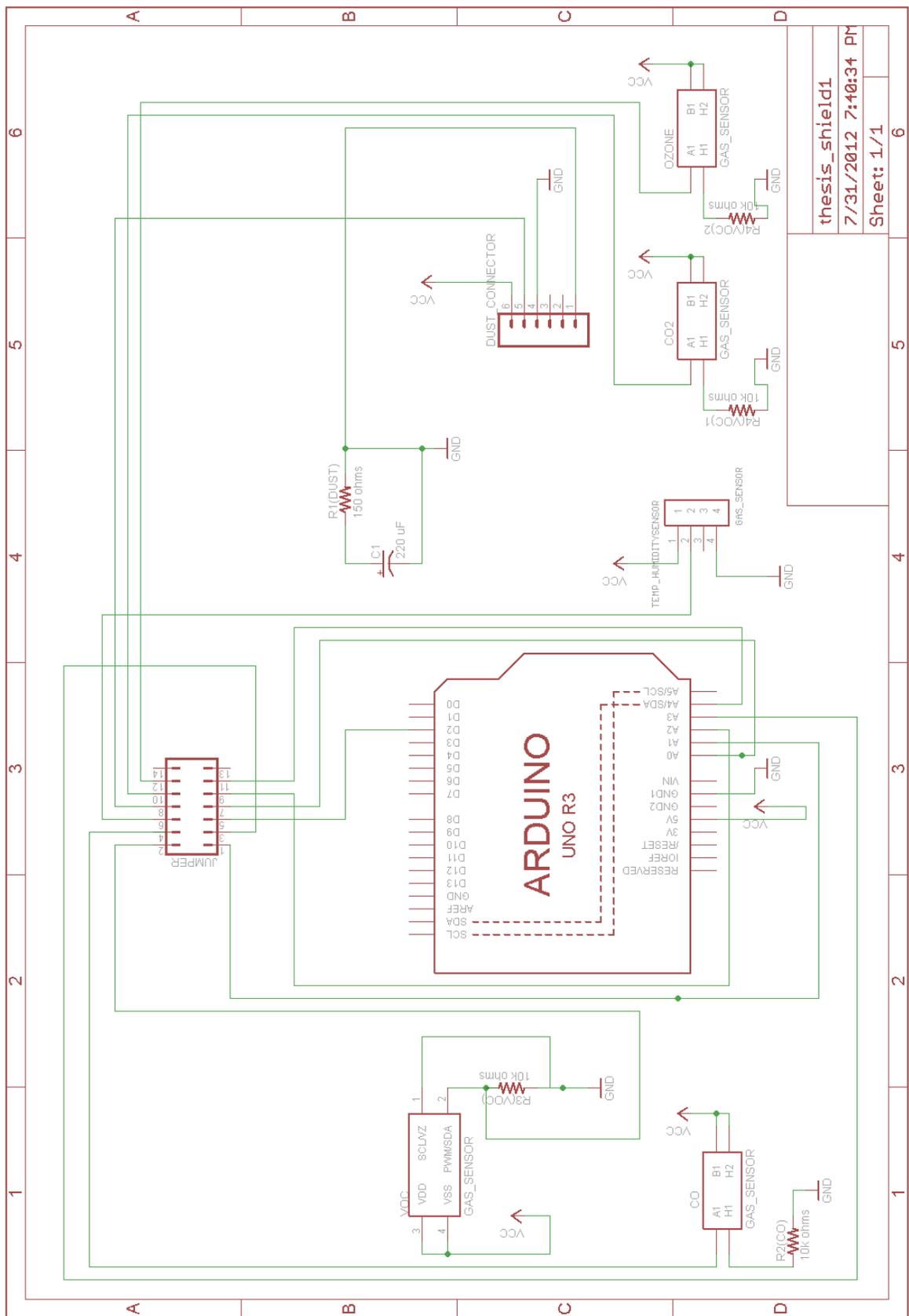


Рисунок 3.2.2.1 – Схема подключения сенсорной панели

### 3.2.3 Датчик температуры и влажности (RHT-03)

RHT-03 - это недорогой датчик влажности и температуры с однопоточным цифровым интерфейсом. Датчик откалиброван и не требует дополнительных компонентов, поэтому вы можете правильно измерить относительную влажность и температуру. Интерфейсная схема датчика состоит из резистора 10 кОм, как описано на рисунке 3.2.3.2.



Рисунок 3.2.3.1 - Датчик температуры и влажности (RHT-03)

RHT-03 посылает откалиброванные цифровые сигналы. Он применяет эксклюзивную технологию сбора цифрового сигнала и технологию определения влажности, обеспечивающую ее надежность и стабильность. Его чувствительные элементы связаны с 8-разрядным однокриповым компьютером. Когда MCU (модуль микроконтроллера) отправляет сигнал пуска, RHT03 переходит из состояния ожидания в состояние готовности. Когда MCU завершает отправку сигнала пуска, RHT03 отправляет ответный сигнал 40-битных данных, которые отражают относительную влажность и температуру в MCU. Без сигнала запуска от MCU, RHT03 не отправит ответный сигнал MCU. RHT03 переключится в режим ожидания, когда сбор данных завершается, если он снова не получит сигнал запуска от MCU [13].

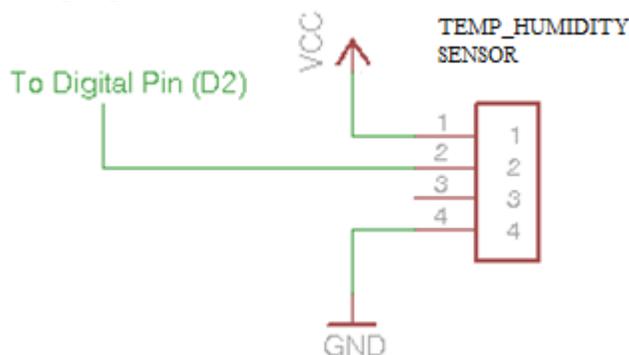


Рисунок 3.2.3.2 - Схема измерения датчика температуры и влажности (RHT-03)

### 3.2.4 Датчик ультрадисперсных частиц SDS011

Датчик ультрадисперсных частиц SDS011, использует принцип лазерного рассеяния, может получить частицу, благодаря которому способен определить концентрацию частиц от 0,3 до 10 мкм в воздухе. Также датчик имеет

встроенный вентилятор, благодаря чему сборка всей системы не требует установки дополнительного вентилятора для нагнетания анализируемого воздуха.



Рисунок 3.2.4.1 - Лазерный датчик пыли(SDS011)

Когда частицы проходят через область обнаружения, часть света лазера рассеивается. Рассеянный свет преобразуется в электрические сигналы, которые затем усиливаются и обрабатываются. Количество и диаметр частиц могут быть определены путем анализа, поскольку форма сигнала имеет определенное соотношение с диаметром частиц.

Лазерный диод в данном датчике имеет высокий срок службы до 8000 часов. Также SDS011 имеет режим работы по умолчанию, при котором замеры производятся с частотой 1 раз в секунду.

Таблица 3.2.4.1 – Технические параметры лазерного датчика пыли SDS011

Наименование	Параметр
Определяемые параметры	PM2.5, PM 10
Диапазон измерения	0-999 мкг/м <sup>3</sup>
Номинальное напряжение	5 В
Номинальный ток	70 мА ± 10 мА

Температурный диапазон	-20 ~+ 60 °С
Диапазон влажности	Максимум 90%
Давление	86 кПа ~ 110 кПа
Время ответа	1 -10 сек
Частота выхода данных	1 Гц
Минимальный размер определяемых частиц	0,3 мкм
Размеры	71мм x 70мм x 23мм
Сертификация	CE / FCC / RoHS

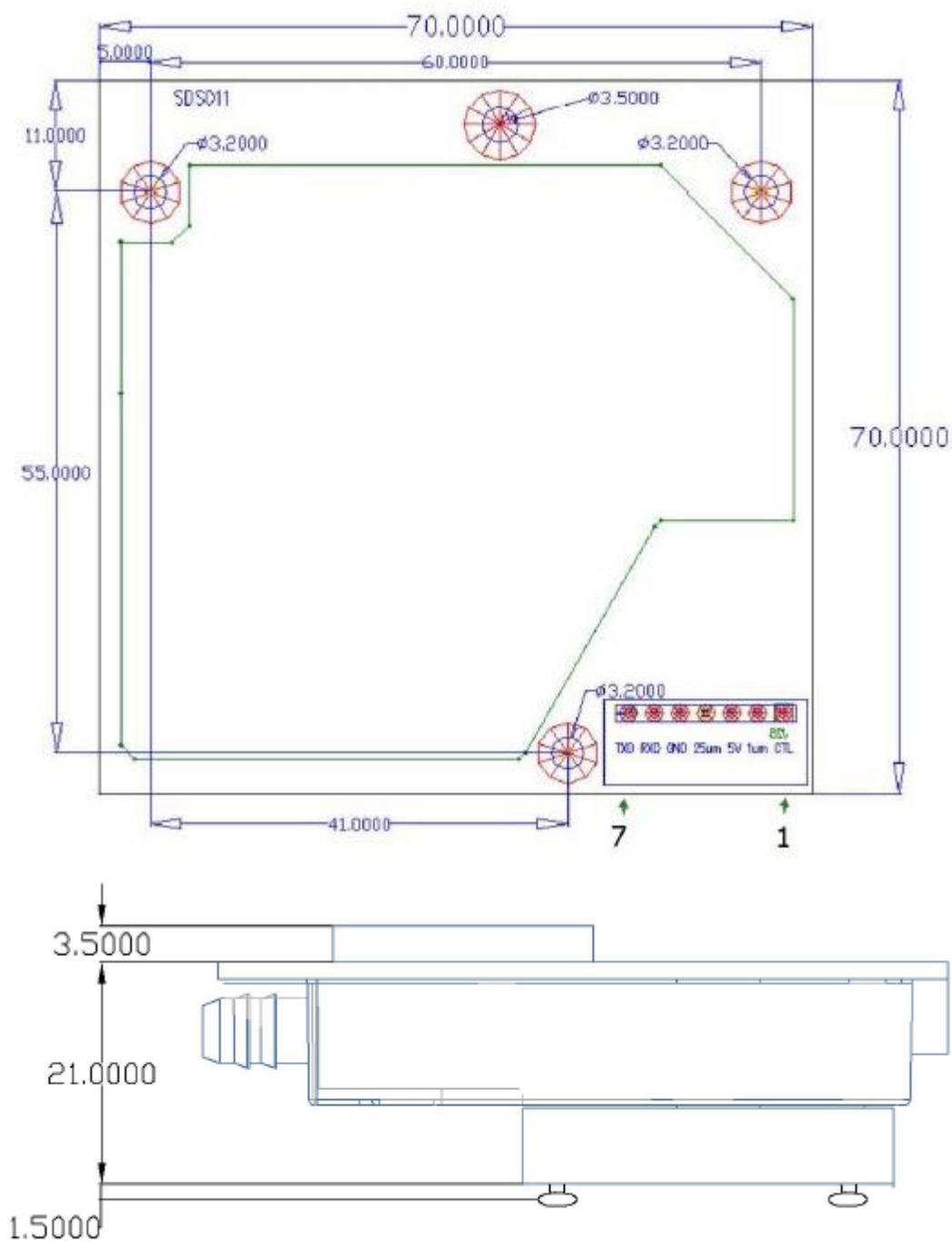


Рисунок 3.2.4.2 Размеры лазерного датчика пыли

Таблица 3.2.4.2 – Описание интерфейса лазерного датчика пыли SDS011

Номер выхода	Наименование	Описание
1	NC	Без соединения
2	1мкм	PM2.5: 0-999мкг/м <sup>3</sup> ; выход PWM
3	5В	Вход 5В
4	2,5 мкм	PM 10: 0-999 мкг/м <sup>3</sup> ; выход PWM
5	GND	Заземление

6	R	RX по UART (TTL) - 3.3 В
7	T	RX по UART (TTL) - 3.3 В

*Примечание: расстояние между входами 2,54 мм.*

Протокол связи UART:

Битрейт – 9600;

Бит данных – 8;

Бит четности – нет;

Стоповый бит – 1;

Частота передачи данных – 1Гц.

Таблица 3.2.4.3 – Описание битов лазерного датчика пыли SDS011

Номер бита	Наименование	Описание
0	Заголовок сообщения	AA
1	Номер команды	C0
2	DATA 1	PM2.5 низкий байт
3	DATA 2	PM2.5 высокий байт
4	DATA 3	PM 10 низкий байт
5	DATA 4	PM 10 высокий байт
6	DATA 5	ID байт 1
7	DATA 6	ID байт 2
8	Check-sum	Check-sum
9	Завершающее сообщение	AB

Check-sum:  $Check-sum = DATA1 + DATA2 + \dots + DATA6$

Значение PM2.5:  $PM2.5 \text{ (мкг/м}^3\text{)} = ((PM2.5 \text{ высокий байт} * 256) + PM2.5 \text{ низкий байт}) / 10.$

Значение PM10:  $PM10 \text{ (мкг/м}^3\text{)} = ((PM10 \text{ высокий байт} * 256) + PM10 \text{ низкий байт}) / 10.$

### 3.3 Проектирование программной части системы

Разработка программного обеспечения этой системы состоит в основном из двух частей. Плату Arduino необходимо запрограммировать так, чтобы она считывала показания датчиков и пересылала их для дальнейшей обработки. Также необходимо разработать графический интерфейс для ПК для создания среды удобной для конечного пользователя. Платы Arduino запрограммированы с использованием языка программирования Arduino, в то время как графический дизайн был разработан на языке программирования «python». Далее будут описаны подробные функциональные возможности обеих программ.

#### 3.3.1 Программирование платы Arduino

Очень простой подход используется при разработке программы для платы Arduino. Основная функция платы Arduino в этой системе - регистрация данных датчиков и их обработка в соответствии с запросом пользователя. Поскольку в системе используются разные датчики, все они имеют разные методы считывания датчиков. Детальное исследование работы всего этого датчика

необходимо при программировании платы. В этой главе уже упоминалась необходимая информация обо всех этих датчиках. Помимо датчиков температуры и влажности. Датчик пыли SDS011 имеет аналоговый выход, поэтому при программировании датчика SDS011 необходимо уделить особое внимание.

Помимо регистрации данных, плата Arduino запрограммирована на отправку статуса каждого датчика, то есть количество зарегистрированных записей, временной интервал и блоки, использующие для регистрации показаний датчика. Как упоминалось ранее, плата Arduino Uno имеет 2 Кбайт электрически стираемой перепрограммируемой памяти (*EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*), которая используется для временного хранения данных. В случае потери пакета данных от маршрутизатора до приемника, маршрутизатор всегда имеет резервную копию данных для отправки по запросу. Это делает эту систему более надежной [12].

### **3.3.2 Программирование компьютерной части**

Чтобы создать систему, которая будет иметь глобальную экспозицию, очень важно иметь удобный для пользователя интерфейс, это означает, что пользователь, который ничего не знает о технических аспектах системы, может управлять ею без каких-либо проблем, как к примеру мобильным телефоном. Основная причина выбора языка программирования python для создания графического интерфейса - у него есть оптимальная набор инструментов для улучшения дизайна графического интерфейса в смысле реализации окна текстового монитора, кнопок, которые будут выполнять определенную задачу, окна графика, которое отображает график показаний датчика в определенный момент времени и т.д.

Система Greywolf считается эталонной системой для развития данной системы. Его графический интерфейс очень прост и выполняет несколько дополнительных задач, таких как мониторинг различных узлов датчиков с использованием беспроводной сети вместо проводного узла датчика. В следующей таблице объясняется работа нескольких выбранных функций.

Этот графический интерфейс имеет три вкладки, а именно «Коммуникация», «Текущие данные» и «Текущий график». График в реальном времени текущих данных дает пользователю возможность понять основную тенденцию конкретного элемента в воздухе. Пользователь имеет опции изменения параметров осей, если это необходимо. Окно «Данные в реальном времени» системы мониторинга состоит из нескольких функций регистрации данных, текущего графика, текущих данных, состояния и конфигураций датчика, которые поясняются в следующих разделах.

Как следует из названия, непрерывный мониторинг данных является основной функцией системы мониторинга качества воздуха. Функция текущих

данных непрерывно отображает текущие данные для определенного датчика или узла датчика.

### 3.4 Создание беспроводной сенсорной сети

Для создания надежной и крепкой системы мониторинга качества воздуха урбанизированных территорий очень важно иметь надежную беспроводную сенсорную сеть, которая будет охватывать все части города. Таким образом, при выборе компонентов для создания такой сети стоимости охватываемая территория являются основными факторами, которые необходимо учитывать. Таким модулем является XBee, имеющий высоконадежные режимы передачи и приема данных. В этой главе будет дано краткое представление о модуле XBee, сети ZigBee и процедуре построения высоконадежной сенсорной сети с использованием приемника и маршрутизаторов.

#### 3.4.1 Модуль XBee PRO S2B

Модули XBee RF взаимодействуют с хост-устройством через асинхронный последовательный порт логического уровня. Через его последовательный порт модуль может связываться с любым UART узлом, совместимым с логикой и по напряжению; или через переключатель уровня на любое последовательное устройство через интерфейсную плату RS 232 или USB.



Рисунок 3.4.1.1 - Модуль XBee

Устройства, имеющие интерфейс UART, могут напрямую подключаться к контактам RF-модуля, как показано на рисунке ниже.

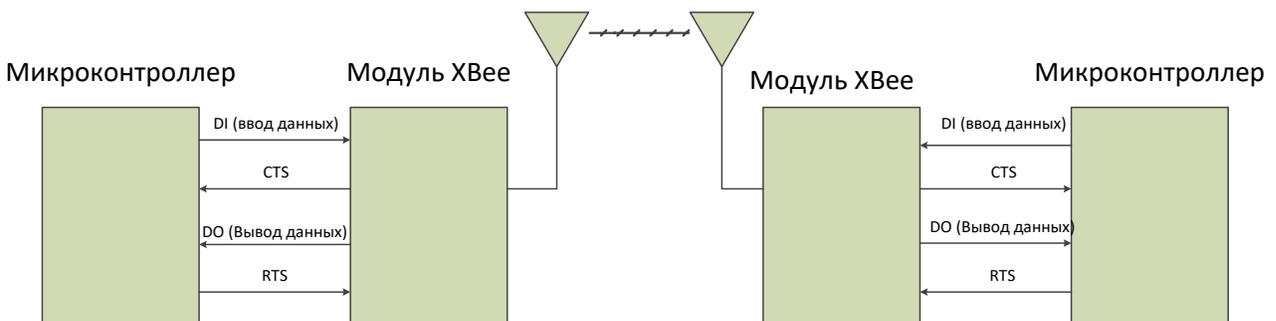


Рисунок 3.4.1.2 - Поток данных в среде интерфейса UART

Данные поступают в модуль UART через DIN (контакт 3) в виде асинхронного последовательного сигнала. Сигнал должен работать на холостом ходу, когда данные не передаются.

Каждый байт данных состоит из стартового бита (низкий), 8 бит данных (бит с наименьшим значением первый) и конечный бит (высокий).

Последовательная связь зависит от двух UART (микроконтроллера и радиочастотного модуля), которые должны быть настроены с совместимыми настройками (скорость передачи, четность, начальные биты, стоповые биты, бит данных). Скорость, четность и стоп-биты UART на модуле XBee могут быть настроены соответственно командами BD, NB и SB [19].

Модуль XBee работает в трех разных режимах:

**Режиме ожидания.** При отсутствии приема или передачи данных радиочастотный модуль находится в режиме ожидания.

**Режим передачи.** Когда последовательные данные принимаются и готовы к пакетированию, радиочастотный модуль выйдет из режима ожидания и попытается передать данные. Адрес назначения определяет, какие узлы получают данные. Перед передачей данных модуль убеждается, что был установлен 16-разрядный сетевой адрес и маршрут к целевому узлу [1].

Если 16-разрядный сетевой адрес неизвестен, начнется обнаружение сетевого адреса. Если маршрут неизвестен, начнется обнаружение маршрута к целевому узлу. Если модуль с соответствующим сетевым адресом не обнаружен, пакет отбрасывается. Данные будут переданы после установления маршрута. Если обнаружение маршрута не может установить маршрут, пакет будет отброшен. Когда данные передаются с одного узла на другой, подтверждение уровня сети передается обратно по установленному маршруту на исходный узел. Этот пакет подтверждения указывает исходному узлу, что получающий узел принял пакет данных. Если подтверждение сети не получено, исходный узел будет повторно передавать данные [19].

В редких случаях может случиться так, что получатель будет принимать пакет данных, но источник не получает подтверждение сети. В этом случае источник будет ретранслировать данные, что может привести к тому, что получатель получит один и тот же пакет данных несколько раз. Модули XBee не фильтруют повторяющиеся пакеты.

**Режим приема.** Если принят действительный высокочастотный пакет, данные передаются в последовательный буфер передачи.

### **3.4.2 Описание XBeeShieldи сети ZigBee**

Щит XBee позволяет плате Arduino осуществлять беспроводную связь с помощью ZigBee. Он основан на модуле XBee от MaxStream. Модуль может поддерживать до 90 метров с прямой видимостью. Щиты проходят через каждый из штырей XBee и крепятся при помощи сквозной пайки.

ZigBee - это стандарт, который определяет набор протоколов связи для низкоскоростных сетей беспроводной связи с низкой скоростью передачи данных. Беспроводные устройства на базе ZigBee работают в полосах частот 868 МГц, 915 МГц или 2,4 ГГц. Максимальная скорость передачи данных - 250 кбит/с. ZigBee использует DSSS (Direct Spread Spectrum), который делит спектр 2,402 - 2,480 ГГц на 16 каналов или 10 каналов в спектре 915 МГц и 1 канал в европейском спектре 868 МГц.

ZigBee ориентирован на приложения с низким уровнем передачи данных, недорогие и с батарейным питанием [2]. Во многих приложениях ZigBee общее время, в течение которого беспроводное устройство задействовано в любом типе деятельности, очень ограничено; устройство проводит большую часть своего времени в режиме энергосбережения, называемом «спящим режимом». В результате устройства с поддержкой ZigBee могут работать в течение нескольких лет, прежде чем их батареи необходимо будет заменить. ZigBee определяет три разных типа устройств: координатор, маршрутизатор и конечное устройство:

- а) Координатор. Запускает новую персональную сеть (PAN), выбрав канал и идентификатор персональной сети (PAN), разрешает маршрутизаторам и конечным устройствам вступать в персональную сеть (PAN), передавать и принимать высокочастотную передачу данных и маршрутизировать данные через беспроводную сеть.
- б) Маршрутизатор. Передает и принимает радиочастотные передачи данных, а также задает маршрут пакетам данных через сеть, что не что иное, как сенсорный узел в этой системе.
- в) Конечное устройство - не может помочь в маршрутизации передачи данных, но передает или принимает радиочастотные передачи данных. Предназначен для устройств с батарейным питанием.

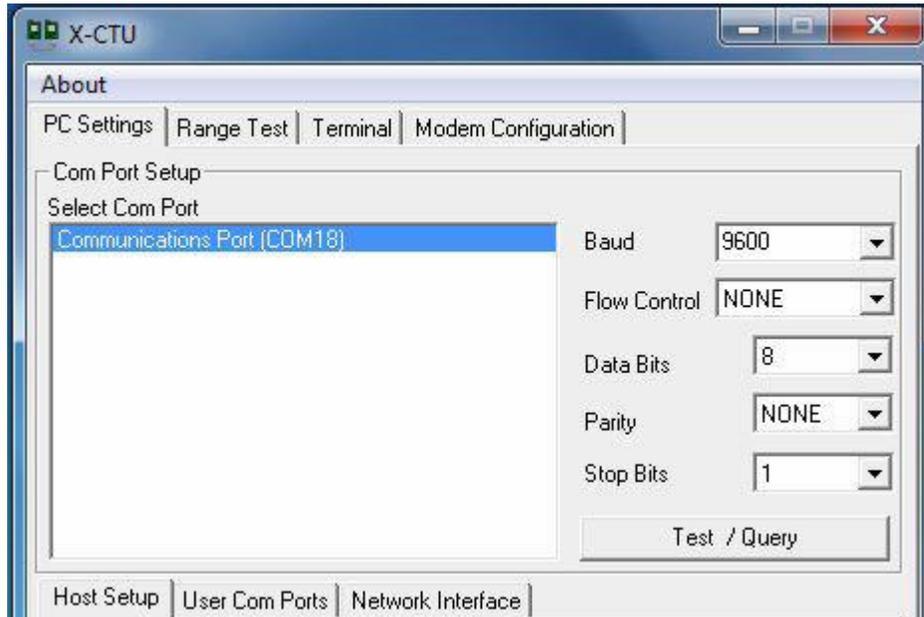
### **3.4.3 Беспроводная сенсорная сеть**

В целом, топология сетки ZigBee состоит из координатора и набора маршрутизаторов и конечных устройств. Мы использовали один координатор и несколько маршрутизаторов для создания нашей беспроводной сенсорной сети. Маршрутизатор может быть связан с одним или несколькими маршрутизаторами и конечными устройствами. Правила связи топологии сетки являются гибкими, поскольку маршрутизаторы, расположенные в пределах друг от друга, могут напрямую связываться друг с другом. Преимуществом такой сети является то, что всегда существует другой альтернативный маршрут в случае сбоя одного из путей передачи информации. Следовательно, этот тип топологии сети очень надежный. Также эта концепция применима к беспроводным сетям, проводным сетям и их программному взаимодействию.

Устройства XBee автоматически создают сеть XBee. Мы назначили конкретный идентификатор персональной сети (PAN - Personal Area Network)

нашему координатору; после чего координатор запустил сеть ZigBee путем сканирования доступных каналов. С этого момента маршрутизатор может присоединиться к Координатору или другому маршрутизатору, который уже присоединился к той же персональной сети. Если маршрутизатор не является частью сети, он выполняет сканирование каналов персональной сети и ищет координатора или маршрутизатора, работающего с действительным идентификатором персональной сети (PANID).

Маршрутизатор сканирует канал персональной сети до тех пор, пока не будет обнаружено действительное устройство. Затем он отправляет фрейм запрос для связывания устройства и получает ответ для подтверждения доступности сети. Затем соединительный маршрутизатор отправляет кадр радиовещания для обнаружения 64-битного адреса Координатора. Каждый передатчик и родительские координаторы могут разрешить до 8 дочерних устройств для подключения к собственному устройству.



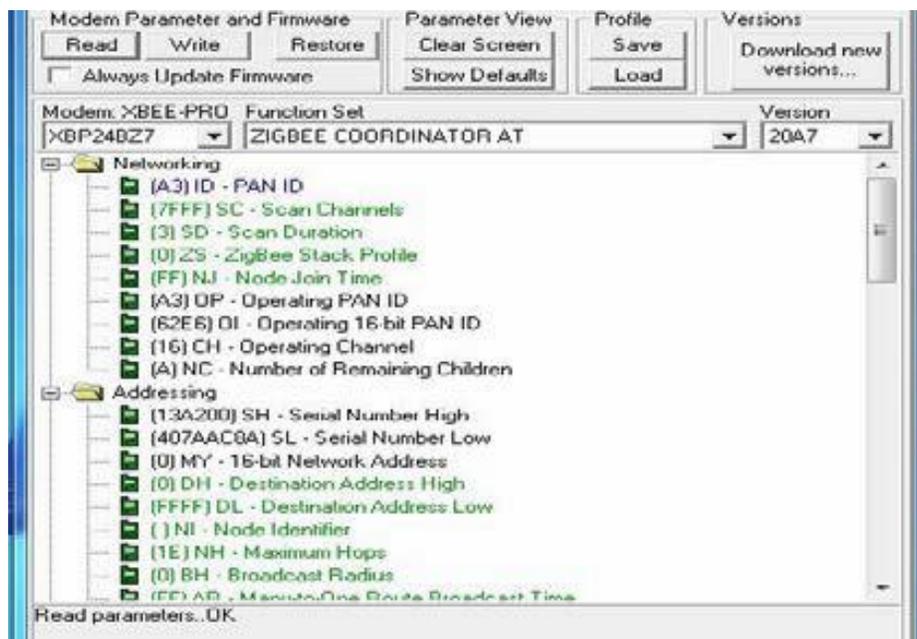


Рисунок 3.4.3.1 - Экранные снимки программного обеспечения X-CTU

### 3.4.4 Разработка протокола связи

Система беспроводного мониторинга подключается к компьютеру через USB. Для конкурентоспособности системы мы должны соответствовать другим доступным профессиональным системам. Протокол связи играет жизненно важную роль в повышении уровня нашей системы. Таким образом, мы определили наш протокол связи, взяв в основу протокол High-Level Data Link Control (HDLC) в качестве эталонного протокола. High-Level Data Link Control (HDLC) - это бит-ориентированный HDLC, обеспечивающий как ориентированную на соединение, так и бессетевую службу.

Эта система использует передачу пакетов передачами путем назначения команды к началу, адреса, байта управления, информации и команды завершения. Команды используются для указания начала пакета и конца пакета. Пользователь может отправить команду в виде команды написанной на языке python с компьютера в Arduino, чтобы начать любую новую задачу, например, начать считывание или отправить считывание, сохранить в EEPROM, или прочитать текущее значение датчика и отправить его обратно. Как только Arduino получит этот пакет данных команды, он проверяет адрес этого пакета данных, если идентификатор совпадет с определенным адресом, тогда он будет выполнять цепочку операций, иначе он просто отбросит этот пакет данных. Arduino отправляет аналогичный пакет данных с информацией на компьютер. В свою очередь компьютер с помощью python проверяет пакеты данных на подлинность отправителя.

### 3.4.5 Описание формата кадра

Эта система использовала структуру формата кадра, как показано на рисунке 3.4.5.1. Он содержит начальный флаг как начало пакета, а другой флаг

указывает конец пакета. В этом фрейме используются одиночные байты для флага начала и остановки. Адрес очень важен для аутентификации связи.

Начальная Команда 1 байт	Адрес 1 или более байт	Данные 0 или более байт	FCS 2 байта	Конечная Команда 1 байт
--------------------------------	------------------------------	-------------------------------	----------------	-------------------------------

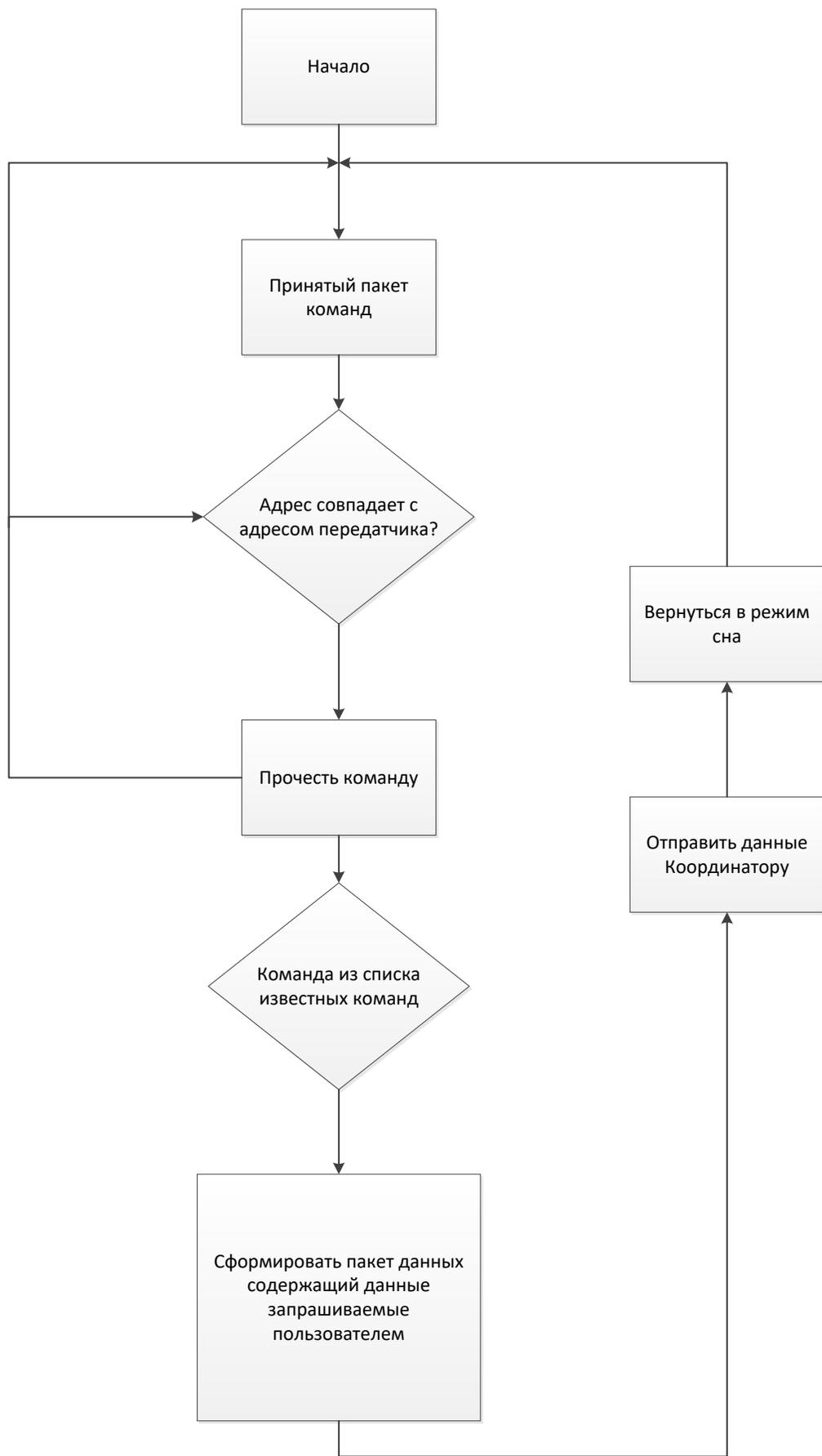
Рисунок - 3.4.5.1 Кадровая структура пакета данных

Последовательность проверки кадров (FCS) представляет собой 16-разрядный CRC-CCITT или 32-разрядный CRC-32, вычисленный по полям Адрес, Управление и Информация. Он предоставляет средство, с помощью которого приемник может обнаруживать ошибки, которые могли быть вызваны во время передачи кадра, такие как потерянные биты, перевернутые биты и посторонние биты. Если расчет FCS получателем не соответствует расчету отправителя, это указывает на то, что в кадре содержатся ошибки, и далее приемник ничего не может отправить. После того как время ожидания правильного пакета прошло, отправитель может повторно передать неудавшийся кадр.

### **3.4.6 Разработка и внедрение команд**

Система беспроводного мониторинга использует множество различных команд для выполнения различных операций. Очень важно разработать такую команду таким образом, чтобы система выполняла нужные операции. В этом разделе главы рассказывается краткое описание различных команд.

В данной системе для команды типа «изменить период выборки» определенного датчика команда состоит из периода выборки как дополнительного поля, отдельно от команд начала и завершения и адреса. Таким образом, в соответствии с частотой выборки, введенной пользователем, пакет состоящий из запроса на данный период и отправляется на узел датчика для внесения соответствующих изменений. Другая команда, которая имеет дополнительные поля специальных значений, включает «Изменение единицы», «период выборки регистрации данных», «Описание регистрации данных».



### Рисунок 3.4.6.1 Блок-схема поведения отдельного сенсора сети

Как показано на рисунке 3.4.6.1, всякий раз, когда какая-либо команда приближается к узлу датчика, в узле датчика начинает выполняться определенный набор команд. Во-первых, он проверяет адрес, так как в беспроводной сети имеет большое количество узлов датчиков, поэтому очень важно получить ответ от правильного узла датчика. Как только завершается проверка адреса, он проверяет следующее поле «пакета команд». Если адрес не совпадает с адресом узла датчика, он просто отбрасывает команду. В зависимости от характера команды, указанной в поле команды, узел датчика выполняет соответствующую операцию. После завершения операции он создаст информационный пакет, содержащий всю информацию, и отправит его обратно координатору и вернется в спящий режим.

## **4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **4.1 Описание**

В этой главе дается подробный обзор различных экспериментов, проведенных с этой системой. Первый раздел объяснит надежность системы, показывая фактическую работу системы. Также он дает результаты сравнения между этой системой и профессиональной системой Graywolf для проверки надежности и точности недавно разработанной системы. В этой главе также приводятся некоторые результаты экспериментов, которые приведут к разработке нескольких новых приложений в области контроля качества воздуха урбанизированных территорий.

Система беспроводного мониторинга использовала беспроводную сенсорную сеть (WSN) с частотой 868 МГц, где узлы устанавливались на оживленные перекрестки в центре Алматы. На рисунке 3.1 показана структура системы беспроводной сенсорной сети мониторинга. Основными критериями нашей системы являются: (а) узлы должны быть переносимыми, (б) работать с радиостанцией дальнего радиуса действия, (в) предоставлять данные в реальном времени. Система состоит из (1) узлов-датчиков качества воздуха, (2) шлюза и (3) облачного приложения в интернете. Узлы качества воздуха измеряли и передавали данные о концентрации ультрадисперсных частиц в воздухе вместе с показателями температуры и влажности в виде пакета сообщений каждые 6 часов. Шлюз принимал, разбирает и перемещал пакеты данных в облачное приложение. Затем облачное приложение проверяло пакет сообщений и публиковало его для нескольких потребителей. Далее мы разберем основные компоненты системы, опишем ее свойства и работу.

### **4.2 Установка системы беспроводного мониторинга**

Эксперименты проводились в городе Алматы. Узлы датчиков системы беспроводного мониторинга были установлены в центре города. Эксперименты проводились в течение одного месяца с середины апреля до середины мая 2018 года.

Точки установки датчиков были определены на трех главных улицах Райымбека, Толе би и Аль-Фараби, трех главных артериях города. На рисунке 4.2.2 отметки с треугольниками - это узлы-датчики системы мониторинга воздуха. Наибольшее расстояние узлов составляло около 165 метров.

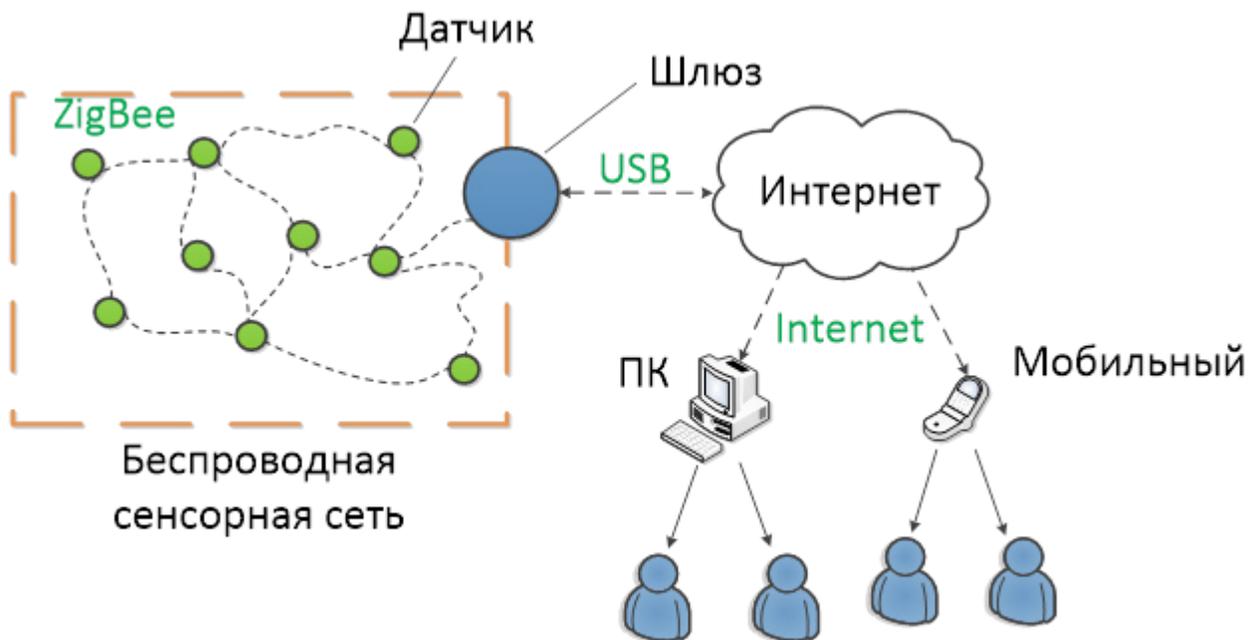
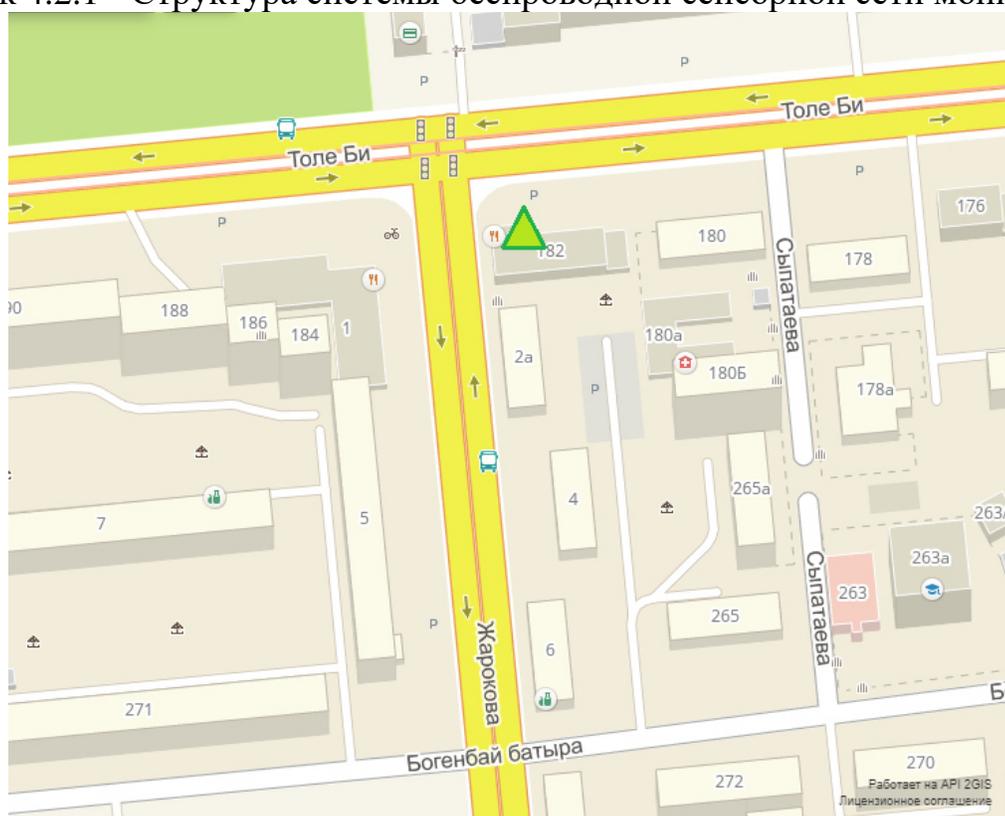


Рисунок 4.2.1 - Структура системы беспроводной сенсорной сети мониторинга



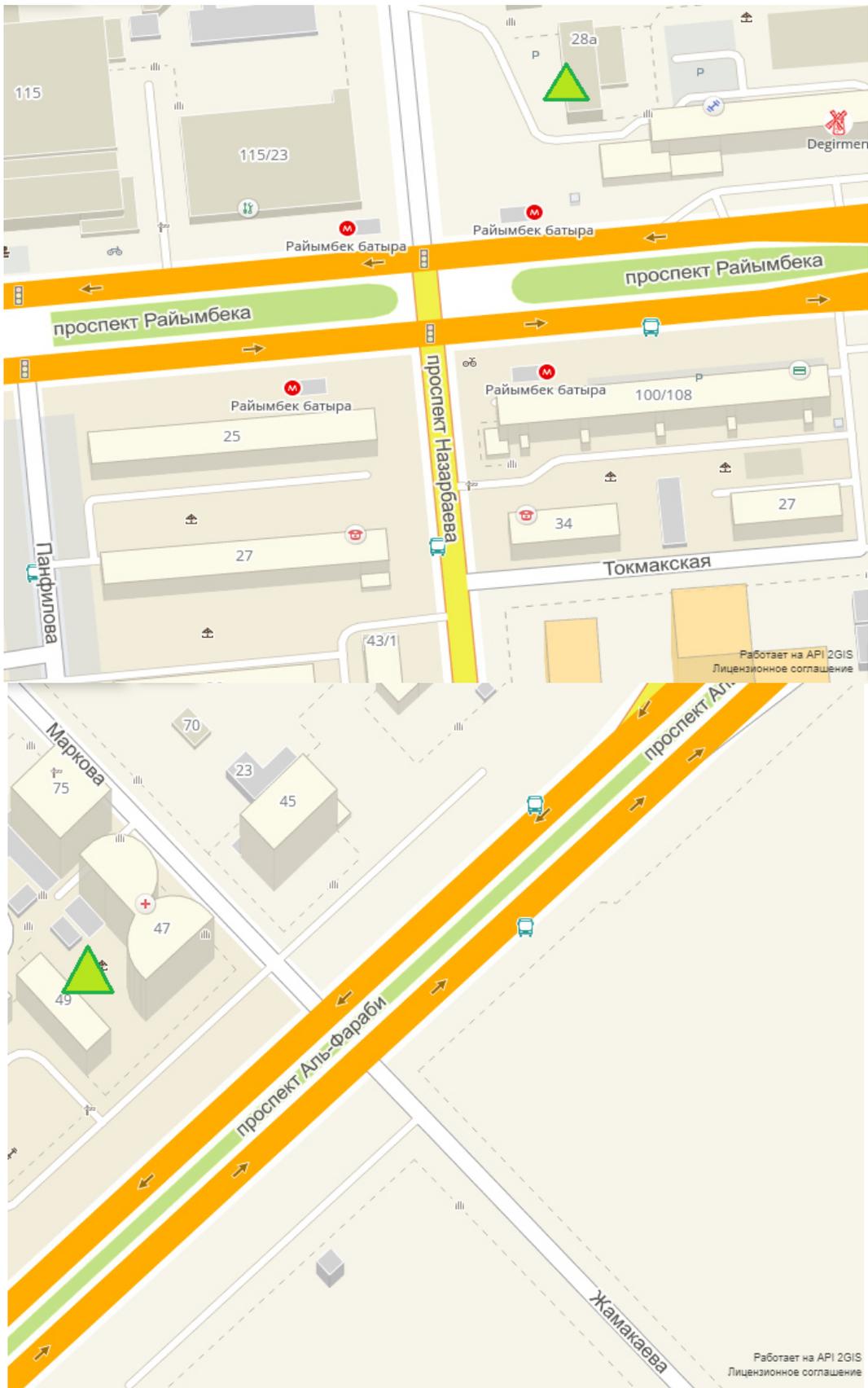
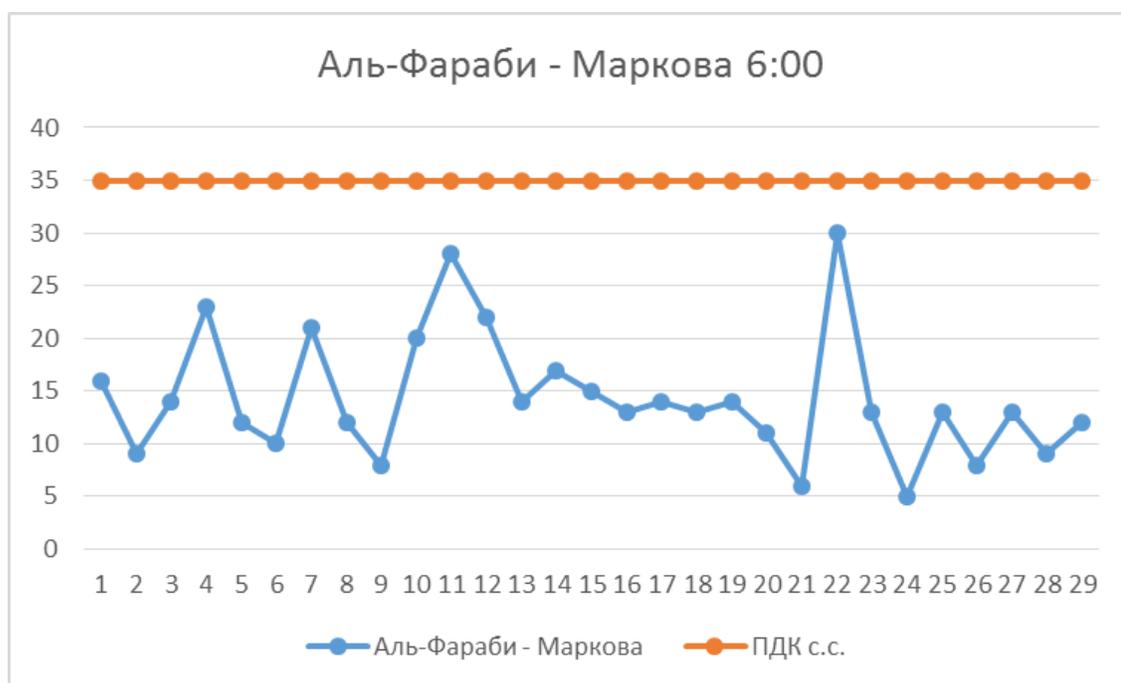


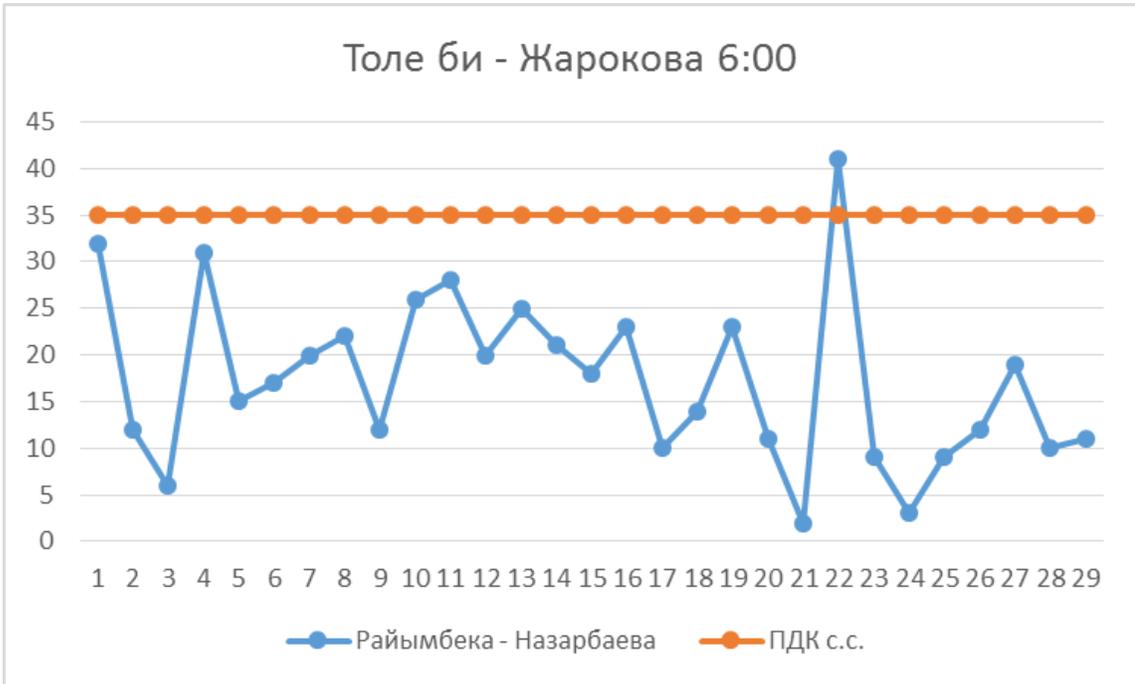
Рисунок 4.2.2 - Карта расположения датчиков

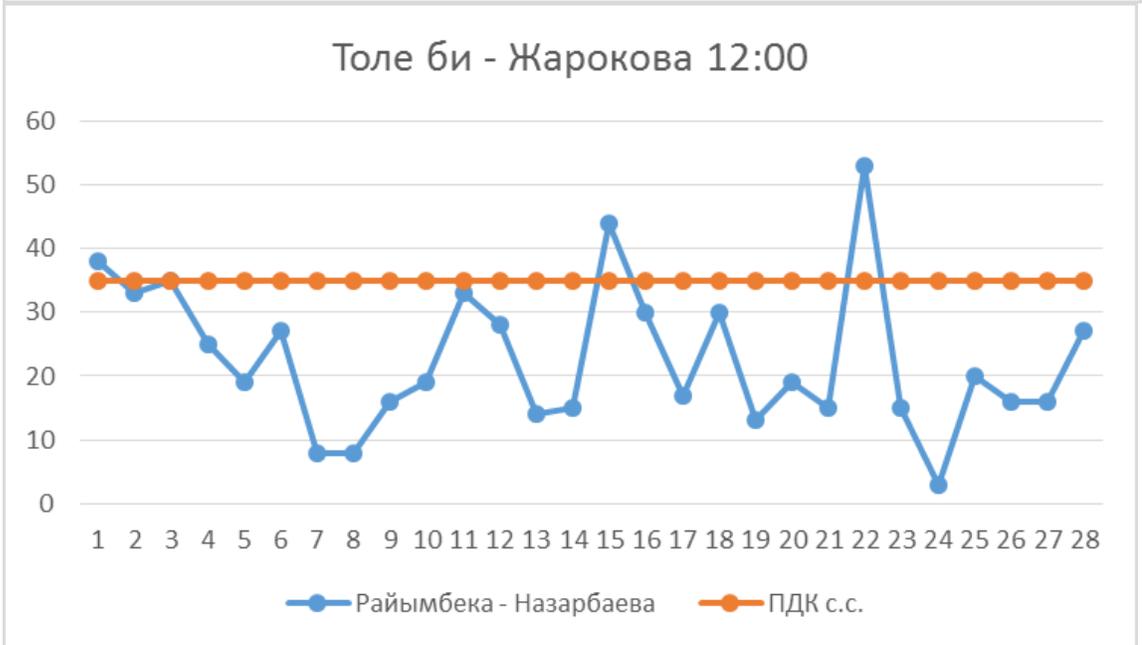
<b>Дата</b>	<b>Время</b>	<b>Аль-Фараби - Маркова</b>	<b>Толе би - Жарокова</b>	<b>Райымбека - Назарбаева</b>	<b>Температура, °С</b>	<b>Влажность, %</b>
24 апреля 2018 г.	6:00	16	21	32	14,8	46
	12:00	45	46	38	25,1	40
	18:00	27	17	22	26,9	30
25 апреля 2018 г.	6:00	9	11	12	12,4	85
	12:00	40	42	33	13,2	80
	18:00	22	18	19	14,3	73
26 апреля 2018 г.	6:00	14	8	6	11,9	88
	12:00	35	33	35	10	82
	18:00	22	25	18	10	82
27 апреля 2018 г.	6:00	23	35	31	7,5	85
	12:00	38	32	25	14,2	53
	18:00	38	29	26	18	42
28 апреля 2018 г.	6:00	12	6	15	8	81
	12:00	22	14	19	20,8	37
	18:00	15	12	14	21,1	31
29 апреля 2018 г.	6:00	10	5	17	12,2	62
	12:00	23	13	27	24	45
	18:00	15	8	24	22,1	37
30 апреля 2018 г.	6:00	21	14	20	11,8	71
	12:00	14	26	8	27	26
	18:00	17	9	17	26,6	19
1 мая 2018 г.	6:00	12	18	22	13,3	67
	12:00	10	5	8	19,1	53

	18:00	17	10	10	10,6	93
2 мая 2018 г.	6:00	8	2	12	6,9	82
	12:00	13	10	16	19	39
	18:00	10	7	14	17,3	38
3 мая 2018 г.	6:00	20	25	26	8,5	84
	12:00	28	23	19	14,5	59
	18:00	23	19	32	13,5	46
4 мая 2018 г.	6:00	28	22	28	8	81
	12:00	39	15	33	22,3	42
	18:00	35	17	23	19,6	44
5 мая 2018 г.	6:00	22	16	20	12	81
	12:00	29	2	28	23,9	42
	18:00	13	6	9	22,3	41
6 мая 2018 г.	6:00	14	15	25	14	59
	12:00	25	15	14	17	54
	18:00	17	15	8	15,1	94
7 мая 2018 г.	6:00	17	23	21	4,4	74
	12:00	25	35	15	13,2	40
	18:00	21	30	31	11	41
8 мая 2018 г.	6:00	15	9	18	7,2	69
	12:00	46	40	44	18	35
	18:00	25	41	35	15	22
9 мая 2018 г.	6:00	13	7	23	9	70
	12:00	19	15	30	26,8	23
	18:00	20	6	25	23,4	25
10 мая 2018 г.	6:00	14	6	10	10	67
	12:00	23	15	17	24,9	30
	18:00	18	14	16	24,8	26
11 мая 2018 г.	6:00	13	7	14	16	64
	12:00	21	27	30	36,1	37
	18:00	17	25	25	27	40
12 мая 2018 г.	6:00	14	12	23	19	67
	12:00	19	15	13	25	48
	18:00	14	13	20	22,6	79
13 мая 2018 г.	6:00	11	6	11	17	84
	12:00	20	18	19	20,1	52
	18:00	16	12	16	16,7	79
14 мая 2018 г.	6:00	6	1	2	14	90
	12:00	10	5	15	16	96
	18:00	3	4	13	13,1	88
15 мая 2018 г.	6:00	30	33	41	10,3	95
	12:00	43	50	53	17	50

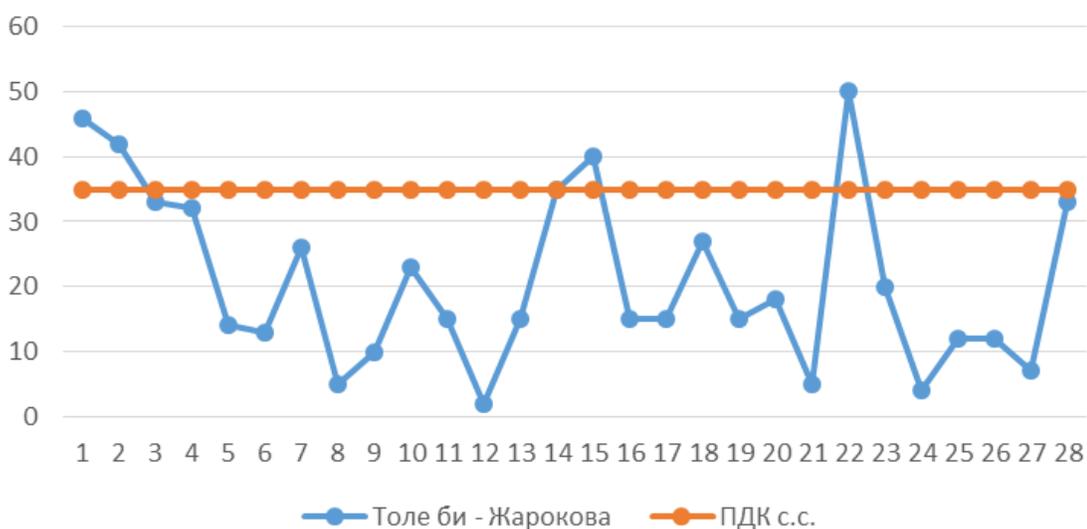
	18:00	34	38	39	15,5	50
16 мая 2018 г.	6:00	13	19	9	15,6	83
	12:00	19	20	15	20	43
	18:00	15	25	23	17	52
17 мая 2018 г.	6:00	5	15	3	9,8	62
	12:00	10	4	3	18,5	42
	18:00	6	7	19	16	55
18 мая 2018 г.	6:00	13	8	9	10	34
	12:00	19	12	20	23,1	29
	18:00	10	6	16	20,9	40
19 мая 2018 г.	6:00	8	5	12	10,2	83
	12:00	19	12	16	23	40
	18:00	22	10	14	22,5	38
20 мая 2018 г.	6:00	13	19	19	8,4	75
	12:00	15	7	16	19,6	46
	18:00	19	9	12	17	30
21 мая 2018 г.	6:00	9	13	10	9	55
	12:00	17	33	27	21,1	33
	18:00	12	25	24	18,6	43
22 мая 2018 г.	6:00	12	9	11	14	48
	12:00	18	14	18	21,6	44
	18:00	22	12	15	20,3	32





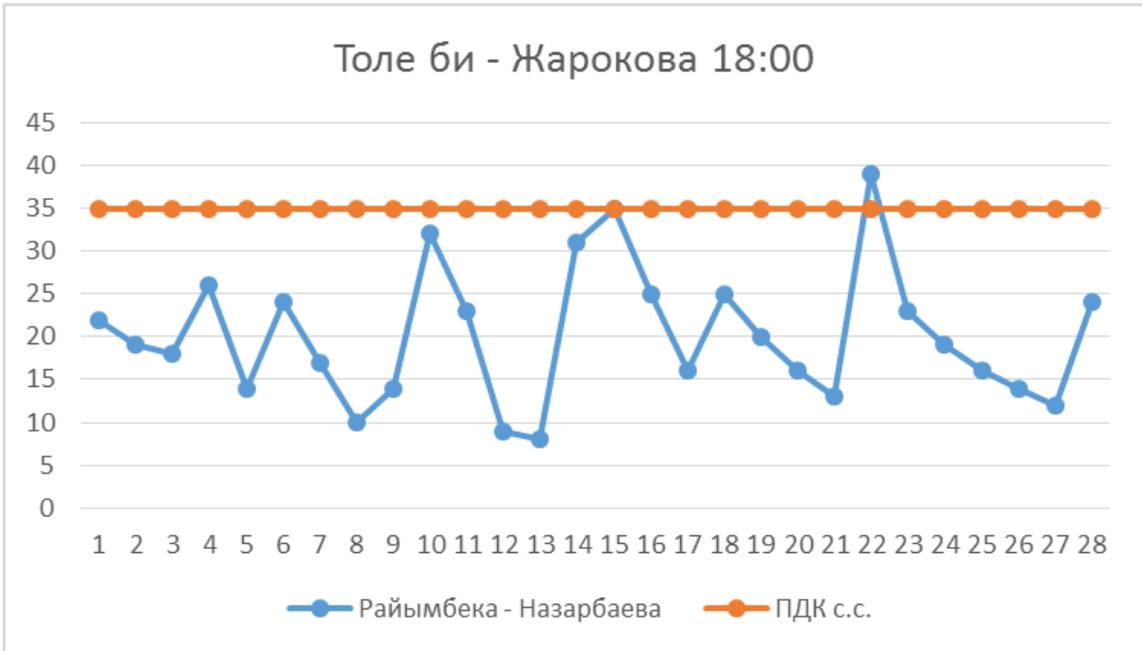


Райымбека - Назарбаева 12:00



Аль-Фараби - Маркова 18:00





## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенного системного анализа имеющихся на сегодняшний день разработок в области автоматизированного экологического мониторинга был сформулирован вывод об актуальности разработки таких систем, а решение задач экологического мониторинга остается важной и актуальной задачей и на сегодняшний день не может быть реализовано без применения современных информационных и компьютерных технологий.

Основываясь на тщательно проведенном анализе можно сделать вывод о целесообразности разработки интеллектуальных автоматизированных систем экологического мониторинга, применения современные информационные технологии удаленного доступа в автоматизированных системах мониторинга атмосферного воздуха.

Был сформулирован научно обоснованный вывод о том, что современные автоматизированные системы мониторинга любого уровня (муниципального, регионального и т.д.) являются сложными системами. Были определены главные проблемы, которые возникают или могут возникнуть в дальнейшем при разработке интеллектуальных автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха.

Приведено научное обоснование построения автоматизированной системы мониторинга, проведены расчеты и эксперименты, подтверждающие верность выбранных методов построения системы экологического мониторинга, которые дают ей возможность эффективно функционировать.

Описан пример практической реализации разработанной системы мониторинга и даны рекомендации по построению подобных систем.

Созданы программы, реализующие систему и позволяющие обеспечить эффективный удаленный доступ к ней через Интернет, с использованием современных пакетов программ. Проведен анализ и обоснован выбор данных пакетов программ, описанный ранее программный продукт, дает возможность обеспечивать эффективное функционирование системы мониторинга вне зависимости от программно-аппаратной платформы.

Сделаны выводы о применимости разработанных подходов к решению аналогичных задач по созданию подобных систем мониторинга

Общая стоимость данной системы составляет около 370-400 \$ при использовании 2 сенсорных узлов и 150 \$ дополнительно для каждого дополнительного узла датчика. Это цена намного дешевле по сравнению с существующими системами на рынке и предоставляет гораздо больше дополнительных функций с точки зрения большего количества датчиков, большей функциональности для обработки данных и доступности данных для широких масс.

Узлы датчиков могут удаленно перенастраиваться по беспроводной сети и большая часть процессинга была выполнена на программном обеспечении

компьютера с целью уменьшения занимаемого объема памяти в узлах датчика. Следовательно, узлы датчиков только сохраняли показания датчика и производили резервное копирование в буфере на случай потери пакетов данных. Этот процесс также значительно снизил коммуникационную нагрузку через уменьшение размера пакета.

Если же говорить о будущем данной работы, то создание веб-страницы будет основной разработкой в этой системе, чтобы сделать все данные доступными для общественности. Данная система может выполнять роль справочной базы данных для исследователей, которые работают в этой области, а также поможет повысить осведомленность о качестве воздуха в г. Алматы.

Беспроводная сеть может быть более надежной и быстрой, используя Wi-Fi или GSM-режим связи. Можно добавить еще много датчиков, которые предоставят более подробную информацию о наружном воздухе. Также добавление нескольких датчиков, таких как H<sub>2</sub>S, NO, HCl, NO<sub>2</sub> и т.д., сделает продукт полезным во многих отраслях для обнаружения газа.

Еще одна очень важная проблема, решение которой значительно улучшит систему - это калибровка датчиков. Поскольку в этой беспроводной сети используется топология сетки, калибровка может выполняться удаленно по беспроводной сети, беря показания от соседних узлов датчика в сети в качестве ссылки. Это поможет контролировать воздух без прерываний из-за отказа датчика.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимов И.Л. Научные основы современного мониторинга окружающей среды. - Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1975, N3, с.13-25.
2. Примак А.В., Кафаров В.В., Качиашили К.И. Системный анализ контроля и управления качеством воздуха и воды. - Киев: Наукова думка, 1991.-390с.
3. Сташеико А.Г., Захаров В.Ю., Зубцовский Н.Е. Контроль окружающей среды: концепция и принципы построения мониторинговых систем реального времени// Экология и промышленность России, N3, 1997, с.45- 47.
4. Горелик Д. О., Конопелько Л. А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. // Аэроаналитические измерения. - М.: Изд. - во. Стандартов, 1992.
5. Проблемы экологии Москвы. Сеть наземных измерений. Под ред Е.И. Пупырева. М.: Московское отделение Гидрометеоиздата, 1992.-198 с.
6. Стеклогоров Е.Б. Автоматизация оценки качества воздушной среды предприятий и городов, дис. к.т.н. / 1985.
7. Подход к решению метрологических проблем в области охраны и использования природных ресурсов. /Ткаченко И.И. // Законодат. и приклад, метрол. 1994, N2, с.42- 44.РЖ-32 "Метрология и измерительная техника". N11, 1996.
8. Балин Ю.С., Белан Б.Д., Надеев А.Н., Панченко М.В. Система оперативного контроля загрязнения воздушного бассейна промышленных центров «город»./Оптика атмосферы и океана, 1994,N2,с. 163-176
9. Атмосферная термография для целей защиты окружающей среды. Aerial Thermography in the protection of environment: [Pap] Workshop Adv. Infrared Technol.&App. Cesa  
Inalaprte-Capry Sept. 19-20 1995/ Lubecki A.//Atti Fond. G.Ponchi.1996. N1-2,с.325- 337.РЖ-32"Метрология и измерительная техника".N12, 1996.
10. Метрологическое обеспечение измерительно-вычислительных систем для контроля состава и свойств веществ. /Боярпнов А.Е., Герасимов Б.И.// Новейшие достижения в обл. электрохим. анализа. Рос. электрохим. шк., Тамбов, 1995, с.48-50. РЖ-32" Метрология и измерительная техника". N4. 1997

11. Микропроцессорные средства экологического контроля воздушной среды./Цветков В.А., Рукина А.К., Фомин А.А.//Приборы и системы управления. 1995-N8,с.35-37
12. Средства компьютерной графики в задаче анализа и контроля экологического состояния атмосферы регионов./Акименко В.В., Казанков Д.В., Симоненко А. Б.//Программные продукты и системы. 1995,N3,с. 10-12
13. Козырев А. В., Шаргородский В. Д. Лидарный комплекс контроля загрязнения воздуха: Пат. 2022251 Россия, МКИ5 G 01 N 21/ 61; Мал. предприятие межотраслевой науч. - внедр. Центр Эконприбор. - № 5019717 / 25, Заявл. 29.12.91; Оpubл. 30.10.94., Бюл. № 20. РЖ- 85 "Технические аспекты охраны окружающей среды". №10, 1996
14. Гавриш А. В., Оксенгайт Е. А. Приборы и системы контроля токсичных газов на основе твёрдотельных сенсоров. // Науч. техн. достиж. / Всерос. НИИ межотрасл. инф. - 1995, № 3 - с. 22-23. РЖ- 85 «Технические аспекты охраны окружающей среды». № 12, 1996.
15. Радиофизический мониторинг загрязнений природной среды. /Бело М.Л. Городничев В. А., Козинцев В.И. и др.// М. Из-во «Аргус»-1994-107с
20. Developing a monitoring project. /McDonald Lee H.//J. Soil & Water Conserv. 1994 N3 с.221-227. РЖ72 "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов", N2,1996
21. Технология интегрированного информационно-программного и инструментального обеспечения региональной экологической службы./ В.Л. Бирюков, В.В. Довгуша, М.Н. Тихонов. // «Экология промышленного производства», №3, 1996
22. Современные автоматизированные системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха, Обзорная информации, ВНИИОГЭС, сер. Защита от коррозии и охрана окружающей среды, М., 1991
23. Региональные экологические информационно-моделирующие системы. Новосибирск. Наука, 1993.-133 с
24. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.-М.:Наука, 1978.-400с.