

Э Л Е К Т Р О Н И К А , Ф О Т О Н И К А ,
П Р И Б О Р О С Т Р О Е Н И Е И С В Я З Ъ



EDN BSMCQX
УДК 502.7:502.55

DOI 10.5281/zenodo.17394796

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ
ТЕРРИТОРИЙ**

© 2025 *Панарин В.М., Маслова А.А., Гришакова О.В.*

В данной работе приведено описание информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий как важнейшего инструмента мониторинга и управления качеством окружающей среды, особенно в условиях крупных промышленных центров и городов. Представлена структурная схема предлагаемой системы, а также структуры ситуационного центра Губернатора, центра экологического мониторинга и постов мониторинга. Приведены примеры практической реализации системы.

Ключевые слова: экологический мониторинг, загрязнение атмосферы, ситуационный центр, принятие решений, информационно-измерительная система, промышленно развитая территория.

Введение. В 2018 году Президент Российской Федерации утвердил перечень национальных проектов страны, одним из которых стал самостоятельный проект «Экология», направленный на постепенное сокращение вдвое уровня вредных выбросов в атмосферу городов с высокой степенью загрязненности к 2036 году [1]. Усиливающееся внимание общества, государства и граждан к вопросам экологии обуславливает необходимость разработки и реализации инициатив, позволяющих оперативно справляться как с глобальными проблемами изменения климата, вызванными антропогенной активностью, так и с региональными локальными вопросами охраны природы [2].

Федеральный закон № 252-ФЗ от 29 июля 2018 года уделяет особое внимание внедрению информационно-измерительных систем мониторинга загрязнения атмосферы. Предприятия, относящиеся к объектам первой категории негативного воздействия на окружающую среду, обязаны оснащаться автоматизированными комплексами, предназначенными для непрерывного измерения и учёта уровней выбросов загрязняющих веществ и стоков. Эти системы должны обеспечивать фиксацию конкретных показателей загрязнений и передачу полученной информации в единый государственный реестр объектов, отрицательно влияющих на состояние природной среды. Данный подход направлен на повышение эффективности экологического контроля и обеспечение прозрачности деятельности предприятий, способствующих снижению негативных последствий промышленного производства для здоровья населения и состояния экосистем [3].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20012, <https://rscf.ru/project/25-24-20012/>, а также по соглашению о предоставлении из бюджета Тульской области гранта в форме субсидий №30-2025-000524 от 03.04.2025.

Информационно-измерительные и управляющие системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха являются важнейшим инструментом мониторинга и управления качеством окружающей среды, особенно в условиях крупных промышленных центров и городов. Современная промышленность оказывает значительное влияние на состояние атмосферы, приводя к выбросам загрязняющих веществ, ухудшению качества жизни населения и росту рисков заболеваний дыхательной системы [4].

Актуальность и важность данной темы подтверждается следующими моментами:

- усиление антропогенной нагрузки – рост промышленности и увеличение транспортных потоков приводят к увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу;

- повышение требований общества – население становится более информированным и требовательным к качеству окружающей среды;

- необходимость соблюдения норм законодательства – строгие требования государственных стандартов требуют постоянного контроля уровня загрязнения;

- экономические последствия – загрязненный воздух увеличивает расходы здравоохранения и снижает производительность труда.

Разработка и внедрение информационных и измерительно-управляющих систем мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий позволяет эффективно решать следующие задачи [5]:

- мониторинг состояния атмосферного воздуха – современные информационные технологии позволяют получать точные данные о концентрации загрязнителей в режиме реального времени, что обеспечивает возможность быстрого реагирования на изменения экологической ситуации и принятие оперативных мер по снижению негативного воздействия;

- прогнозирование изменений – анализ больших объемов данных позволяет создавать модели, предсказывающие возможные сценарии развития ситуации, что помогает заранее подготовиться к неблагоприятным условиям и минимизировать риски для здоровья населения;

- автоматизация процессов управления – автоматизированные системы обеспечивают оптимизацию управленческих решений, снижают затраты на мониторинг и повышают эффективность мероприятий по улучшению экологии;

- повышение осведомленности общественности – открытый доступ к данным о состоянии атмосферы способствует повышению уровня осознанности среди жителей и стимулирует участие гражданского общества в охране окружающей среды;

Таким образом, тема совершенствования информационно-измерительных и управляющих систем экологическим состоянием атмосферного воздуха промышленно развитых территорий является крайне актуальной и важной для устойчивого развития регионов и улучшения качества жизни населения.

Структурная схема информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий. В Тульской области разработана информационно-измерительная и управляющая система мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий. Это действительно важная инициатива, направленная на повышение эффективности мониторинга и управления качеством атмосферного воздуха в промышленно развитых регионах.

Структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха является многоуровневой и комплексной системой, позволяющей осуществлять контроль и управление ситуацией на разных уровнях ответственности и компетенции. Такая организация системы направлена на повышение точности и надежности результатов мониторинга, своевременное выявление проблемных ситуаций и оперативное принятие необходимых мер по устранению негативных факторов [6-7].

На рис. 1 представлена структурная схема информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий.

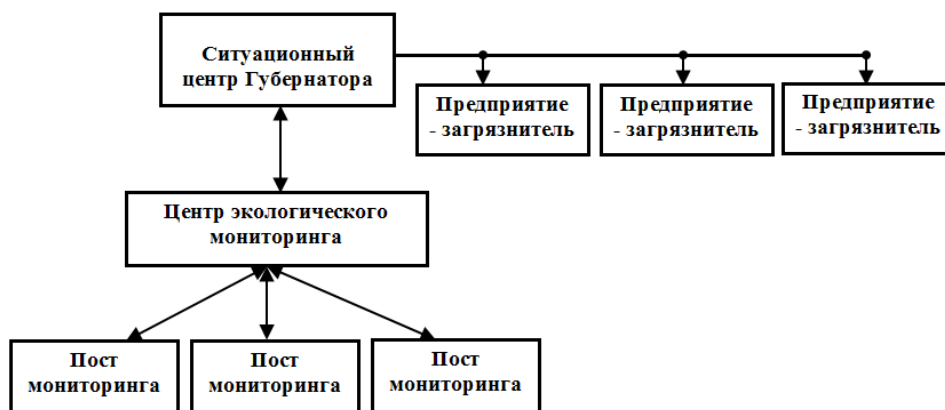


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий

В предлагаемой системе имеются следующие уровни:

Уровень 1 – Ситуационный центр губернатора. Этот уровень представляет собой высший орган управления системой мониторинга. Здесь принимаются стратегические решения, направленные на улучшение экологической обстановки и минимизацию влияния промышленных предприятий на окружающую среду. На рис. 2 представлена структура ситуационного центра Губернатора.

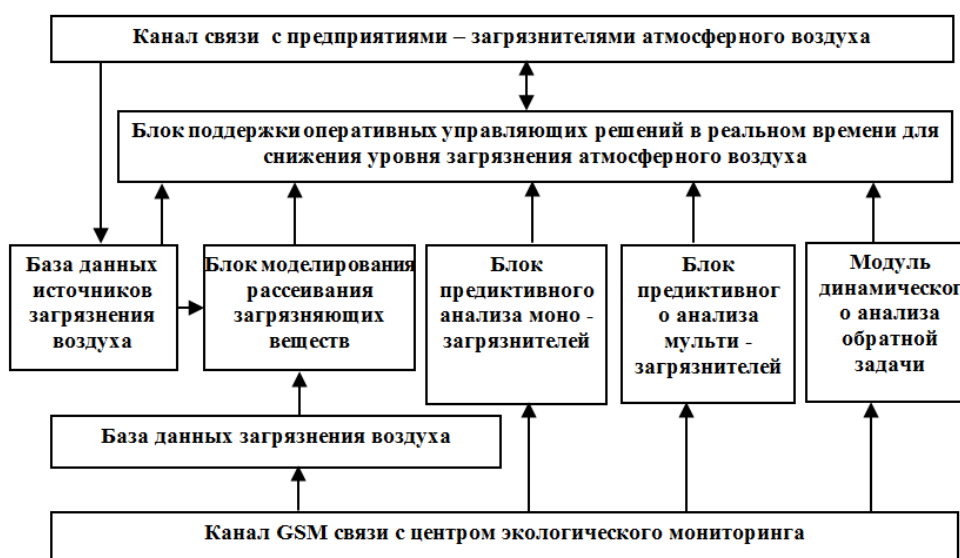


Рис. 2. Структура ситуационного центра Губернатора

Ситуационный центр губернатора состоит из отдельных блоков. Представленные блоки составляют основу многофункциональной системы ситуационного центра губернатора, предназначенного для эффективного мониторинга и оперативного управления уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Каждый блок играет ключевую роль в функционировании всей системы, обеспечивая интеграцию данных, поддержку принятия решений и взаимодействие между различными участниками процесса.

Рассмотрим подробнее назначение и особенности каждого блока:

1. Канал связи с предприятиями-загрязнителями воздуха. Данный канал предназначен для прямой коммуникации с предприятиями, являющимися источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Через этот канал осуществляется передача предупреждений и рекомендаций относительно режима работы предприятий, направленных на снижение уровня выбросов. Этот элемент важен для координации действий администрации региона и предприятий в целях предотвращения аварийных ситуаций и минимизации ущерба окружающей среде.

2. Блок поддержки принятия оперативных управляющих решений в реальном времени. Задача этого блока заключается в предоставлении руководителям инструментов для оперативного анализа ситуации и выбора наиболее адекватных методов управления уровнем загрязнения. В зависимости от характера и интенсивности загрязнений здесь формируются рекомендации по режимам эксплуатации производственных мощностей, транспортному движению и другим аспектам хозяйственной деятельности.

3. База данных источников загрязнения атмосферного воздуха. Эта база хранит исчерпывающую информацию обо всех предприятиях и объектах, являющихся потенциальными источниками выбросов загрязняющих веществ. Данные включают местоположение объекта, характеристики производства, объем выбросов и другие важные показатели. Данная информация необходима для оценки общего вклада каждой организации в общий фон загрязнения и выявления возможных точек вмешательства.

4. Блок моделирования рассеивания загрязняющих веществ предназначен для расчета путей распространения выбрасываемых предприятием загрязняющих веществ в атмосфере. Использует методы численного моделирования, учитывающие погодные условия, рельеф местности и другие факторы, влияющие на распространение примесей. Результаты расчетов используются для определения зон повышенного риска и планирования профилактических мероприятий.

5. Блок предиктивного анализа моно-загрязнителей осуществляет анализ динамики одного конкретного типа загрязнителя, определяя вероятные сценарии его поведения в будущем. Такой анализ необходим для заблаговременного предупреждения опасных ситуаций и подготовки соответствующих мер реагирования.

6. Блок предиктивного анализа мульти-загрязнителей аналогичен предыдущему блоку, однако осуществляет комплексный анализ взаимодействия нескольких типов загрязнителей одновременно. Данный подход позволяет учитывать синергизм эффектов и строить более реалистичные модели развития экологической ситуации.

7. Модуль динамического анализа обратной задачи используется для реконструкции истории возникновения конкретной концентрации загрязняющего вещества в определенной точке пространства. Позволяет определить источник загрязнения ретроспективно, что важно для расследования случаев нарушения норм экологической безопасности.

8. База данных загрязнителей атмосферного воздуха хранит информацию о характеристиках и свойствах различных видов загрязняющих веществ, включая их воздействие на здоровье человека и экосистемы. Используется специалистами для интерпретации данных наблюдений и формирования обоснованных выводов о степени угрозы.

9. Канал связи с ситуационным центром экологического мониторинга обеспечивает бесперебойную передачу данных между пунктами мониторинга и центральным органом управления системой. GSM-технологии гарантируют доступность канала даже в удалённых районах, обеспечивая полную охватываемость территории контролируемым процессом.

Каждый из перечисленных элементов взаимодействует друг с другом, образуя целостную систему, способствующую эффективному управлению качеством атмосферного воздуха и поддержанию благоприятной экологической обстановки в регионе.

Уровень 2 — это научно-технический аппарат, осуществляющий обработку поступающих данных и выдачу рекомендаций по дальнейшему развитию ситуации. На рис. 3 показана структурная схема центра экологического мониторинга.

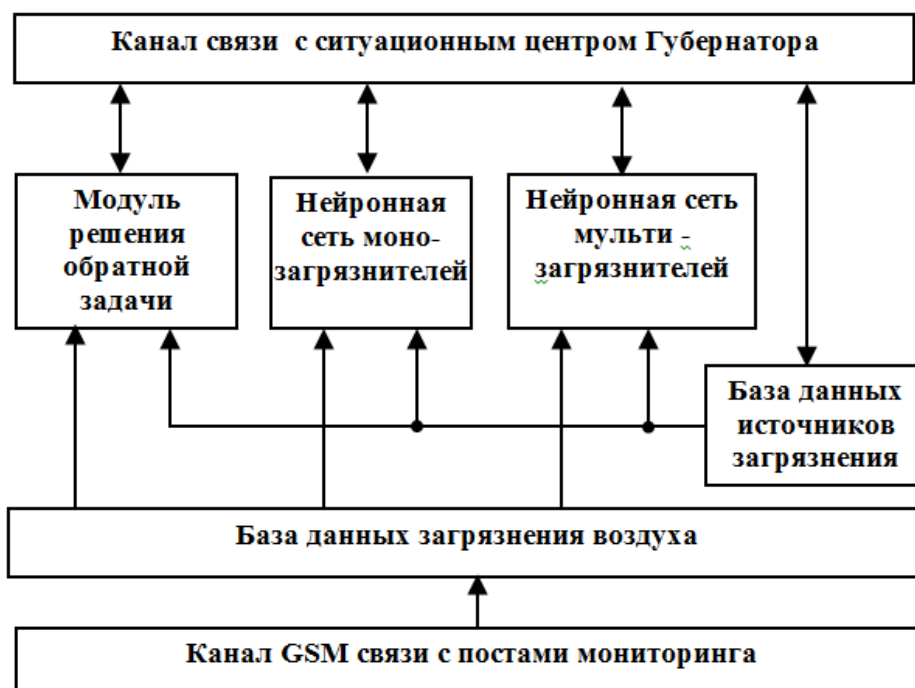


Рис. 3. Структурная схема центра экологического мониторинга

Представленный состав блоков центра экологического мониторинга отражает комплексное решение, объединяющее различные элементы информационного обмена, аналитики и управления данными. Рассмотрим детально каждую составляющую блока и её функциональное значение:

1. Канал связи с ситуационным центром губернатора за загрязнением атмосферного воздуха. Основная задача этого канала – обеспечивать стабильную связь и обмен информацией между центром экологического мониторинга и верхним уровнем управления, представленным ситуационным центром губернатора. Благодаря этому обеспечивается координация действий органов исполнительной власти и организаций, занимающихся вопросами защиты окружающей среды.

2. Модуль решения обратной задачи. Этот модуль занимается реконструкцией события путем вычисления источника загрязнения по известным параметрам его проявления в заданной зоне. Например, по зафиксированной концентрации загрязняющего вещества определяется объект, ответственный за выброс. Решение обратных задач важно для идентификации нарушителей норм экологической безопасности и выявления скрытых угроз.

3. Нейронная сеть моно-загрязнителей использует методы машинного обучения для анализа тенденций и прогнозирования поведения одиночных загрязнителей в воздухе. Способна выявить паттерны появления конкретных загрязняющих веществ и спрогнозировать развитие ситуации на основании накопленных данных. Применяется для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования состояния окружающей среды.

4. Нейронная сеть мульти-загрязнителей. Расширенная версия предыдущей нейронной сети, работающая с несколькими типами загрязнителей одновременно. Учёт совместного влияния множества факторов позволяет создать более точную картину экологической ситуации и формировать надёжные прогнозы, учитывая взаимное усиление или ослабление эффекта различных веществ.

5. База данных источников загрязнения атмосферного воздуха собирает сведения обо всех зарегистрированных источниках загрязнения атмосферного воздуха на территории региона. Включает информацию о географическом положении объектов, технологической специфике производства, объёмах и характере выбросов. Представляется важным ресурсом для составления комплексного плана мероприятий по предотвращению превышения допустимого уровня загрязнения.

6. База данных загрязнителей атмосферного воздуха. Сборник сведений о химико-физических характеристиках различных видов загрязняющих веществ, встречающихся в атмосферном воздухе. Содержит описание токсичности, пороговых значений и особенностей поведения соединений в реальных условиях. Предназначается для помощи специалистам при оценке последствий воздействия тех или иных загрязняющих веществ на окружающую среду и здоровье человека.

7. Канал GSM-связи с постами мониторинга гарантирует стабильную передачу данных от территориально распределённой сети постов мониторинга непосредственно в центр экологического мониторинга. Благодаря использованию GSM-канала обеспечивается непрерывность поступления информации независимо от наличия проводных коммуникаций, что делает систему менее зависимой от внешних условий.

Совокупность представленных компонентов образует единую структуру, способную отслеживать динамику загрязнения воздуха, проводить глубокий анализ поступающей информации и формировать чёткую стратегию по регулированию качества атмосферного воздуха в промышленно-развитых территориях.

Основные задачи центра заключаются в следующем: сбор и обработка данных с постов мониторинга; проведение анализов и построение моделей распространения загрязнений; формулирование предложений по снижению выбросов; регулярное представление отчетов о результатах мониторинга вышестоящим органам. Экологический мониторинг служит основой для разработки долгосрочных программ охраны окружающей среды и планирования инвестиций в природоохранные мероприятия.

Уровень 3 – Посты мониторинга. Данный уровень представлен сетью стационарных и мобильных пунктов наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. Они оснащены современным оборудованием для измерения концентраций основных загрязняющих веществ и передачи полученной информации на второй уровень системы.

Функциональные обязанности постов мониторинга включают: непрерывный сбор данных о качестве воздуха; передача информации в автоматизированном режиме; первичная обработка собранных данных; информирование местного населения о текущих показателях качества воздуха; эффективность функционирования каждого поста зависит от качества используемого оборудования и профессионализма персонала, обеспечивающего его эксплуатацию.

На рис. 4 представлена структурная схема поста мониторинга.

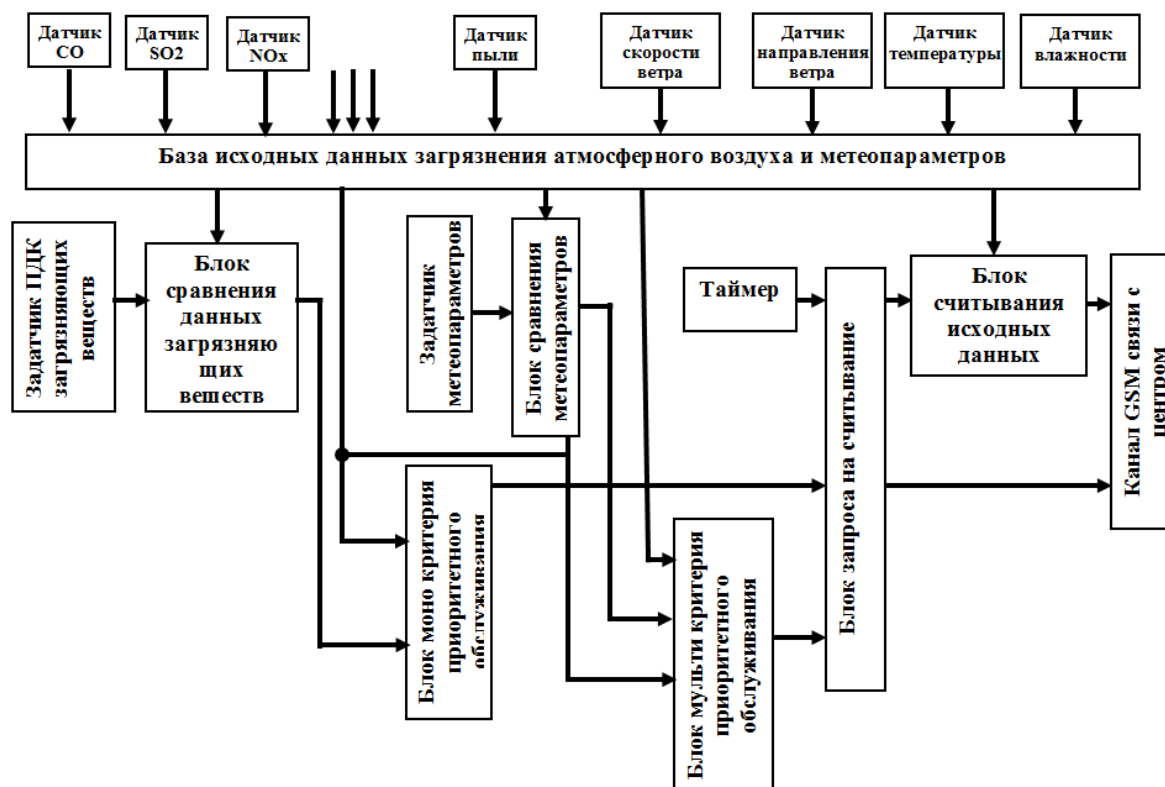


Рис. 4. Структурная схема поста мониторинга

Пост мониторинга представляет собой специализированную установку, предназначенную для непрерывного контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха и передачи соответствующей информации в центры экологического мониторинга. Рассмотрим структурную схему поста мониторинга и разберем функциональность каждого блока.

1. Датчики концентрации загрязняющих веществ. Это основное устройство, регистрирующее содержание различных загрязняющих веществ в атмосфере. Эти датчики непрерывно собирают данные о содержании различных загрязняющих веществ (например, диоксида серы, оксида азота, взвешенных частиц PM2.5 и PM10 и др.) [8].

2. База исходных данных загрязнения атмосферного воздуха и метеопараметров записывает и сохраняет собранные датчиками данные о составе воздуха и сопутствующих погодных параметрах (температура, влажность, давление). Предоставляет аналитику необходимую информацию для дальнейшего анализа и оценок.

3. Задатчик предельно допустимых концентраций (ПДК) устанавливает границы допустимых концентраций загрязняющих веществ согласно санитарным нормам и правилам. Используется для последующей оценки соответствия фактических показаний установленным стандартам.

4. Блок сравнения данных загрязняющих веществ производит сравнение реально замеренных показателей с установленными нормами ПДК. Если фиксируется превышение нормы, инициируется сигнал тревоги или предупреждение.

5. Задатчик метеопараметров определяет базовые значения климатических параметров (температуры, влажности, давления), необходимые для сопоставления и коррекции данных.

6. Блок сравнения метеопараметров проверяет соответствие текущих атмосферных условий установленным базовым показателям. Корректирует показания датчиков, если выявлены отклонения, обусловленные изменением погоды.

7. Блок моно-критерия приоритетного обслуживания применяется для определения приоритета сигналов тревоги или оповещений, связанных с одним типом загрязняющего вещества. Учитывается степень превышения нормы и возможное негативное воздействие на здоровье человека.

8. Блок мульти-критерия приоритетного обслуживания реализует алгоритм обработки одновременных тревог от нескольких загрязняющих веществ. Определяет общую угрозу и формирует итоговую рекомендацию для управляющего органа.

9. Таймер регистрирует временные метки замеров и записей данных. Помогает контролировать периодичность обновлений и оценивать динамику изменений.

10. Блок запроса на считывание инициирует процедуру извлечения информации из базы данных по запросу центрального узла мониторинга.

11. Блок считывания исходных данных отвечает за непосредственное получение и преобразование сигнала от датчиков в цифровую форму, пригодную для хранения и дальнейшей обработки.

12. Канал GSM-связи с центром экологического мониторинга организует беспроводную передачу данных с поста мониторинга в центральный узел, используя технологию мобильной связи стандарта GSM. Обеспечивает надежное функционирование системы вне зависимости от наличия проводных линий связи.

Такая архитектура поста мониторинга обеспечивает надежный сбор и передачу данных о состоянии атмосферного воздуха, создавая надежную основу для мониторинга и управления экологической обстановкой в промышленно развитых зонах.

Практическая реализация информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий. Практическая реализация системы предполагает создание комплекса технических и организационных мер, направленных на эффективный контроль и регулирование уровня загрязнения воздуха. Этапы практической реализации такой системы:

Этап 1: Проектирование системы. Проектирование начинается с анализа существующих условий, выделения приоритетных задач и определения необходимого функционала системы. К основным этапам проектирования относятся: определение целей и задач мониторинга; выбор места расположения станций мониторинга; подбор оборудования (датчиков, серверов, каналов связи); создание архитектуры информационной системы; организация инфраструктуры передачи данных.

Этап 2: Установка и настройка оборудования. Установка оборудования включает монтаж датчиков, серверов и коммуникационной инфраструктуры. Важно правильно выбрать расположение датчиков, чтобы они могли точно регистрировать ключевые показатели загрязнения. Настройка оборудования должна включать калибровку приборов и тестирование работоспособности системы.

Этап 3: Ввод системы в эксплуатацию. Перед началом регулярного мониторинга проводится ввод системы в эксплуатацию. Это включает проверку всех узлов и модулей, настройку программного обеспечения и обучение операторов работе с системой. После успешного завершения тестирования система запускается в штатный режим работы.

Этап 4: Оперативный мониторинг и анализ данных. В процессе эксплуатации системы регулярно собираются и анализируются данные о состоянии атмосферного воздуха. Аналитики интерпретируют полученные данные, формируют отчёты и рекомендации по оптимизации экологической ситуации. Особое внимание уделяется случаям превышения нормативных значений загрязняющих веществ.

Этап 5: Управление ситуацией. При обнаружении нарушений устанавливаются причины отклонений и предпринимаются меры по нормализации ситуации. Это может включать ограничение работы предприятий, изменение маршрутов транспорта или введение временных ограничений на использование определённого вида топлива.

Этап 6: Поддержка и модернизация системы. Для поддержания высокой эффективности системы проводятся регулярные технические осмотры, обновление программного обеспечения и замена устаревшего оборудования. Модернизация системы позволяет адаптироваться к новым требованиям и улучшать качество предоставляемых услуг.

Примером успешной реализации подобного проекта служит система мониторинга атмосферного воздуха, внедрённая в ряде городов Тульской области (Новомосковск, Узловая, Ефремов, Алексин). Данный проект позволил значительно снизить уровень загрязнения воздуха и улучшить качество жизни горожан.

Благодаря внедрению данной системы в Тульской области достигнуты значительные успехи, а именно постоянный мониторинг позволяет быстрее реагировать на рост концентрации загрязняющих веществ, снижая риск превышений ПДК, жители получили доступ к актуальным данным о состоянии воздуха, повышая доверие к действиям властей, посты мониторинга стали частью городской инфраструктуры, помогая развиваться программам улучшения экологии и благоустройству городских пространств.

Разработано специальное программное обеспечение для анализа и визуализации полученной информации, которое предоставляет аналитикам инструменты для детального изучения полученных данных, построения графиков и карт распределения загрязнений, что помогает выявлять закономерности и аномалии, оперативно реагировать на критические ситуации.

Возможности программного обеспечения:

- детальный анализ данных. Приложение предоставляет широкий спектр функций для анализа полученных данных, включающий фильтрацию, сортировку и агрегацию информации. Пользователи могут настраивать критерии отбора данных, выбирать интересующие интервалы времени и типы загрязнений;

- графическое отображение данных. Программа поддерживает разнообразные способы представления данных, такие как графики, диаграммы и карты. Это позволяет наглядно продемонстрировать распределение загрязнений в пространстве и во времени, облегчая восприятие сложной информации;

- алгоритмы обнаружения аномалий. Встроенные алгоритмы автоматически выявляют случаи резкого увеличения концентрации загрязняющих веществ, сигнализируя операторам о потенциальных проблемах. Это помогает своевременно реагировать на нестандартные ситуации и предотвращать негативные последствия;

- создание отчётности. Программное обеспечение позволяет легко составлять отчёты по результатам мониторинга, формируя стандартные формы документов и предоставляя возможность экспорта данных в удобных форматах (PDF, Excel и др.);
- поддержка многопользовательской работы. Несколько специалистов могут одновременно работать с программой, получая актуальные данные и совместно принимая решения. Интерфейс поддерживает многопользовательские сессии и защиту доступа к конфиденциальной информации;
- возможность подключения новых источников данных. Программное обеспечение допускает подключение новых источников данных, что расширяет область охвата мониторинга и повышает его точность.

На рис. 5 представлен общий вид поста мониторинга и его наполнение.



Рис. 5. Общий вид поста мониторинга и его наполнение

Такое программное обеспечение стало незаменимым помощником экологических служб и административных органов, позволяя лучше понимать и управлять сложными процессами загрязнения атмосферного воздуха. На рис. 6 показан общий вид разработанного программного обеспечения системы «Софт:Сигнал»-Ш-С-СИ v.Есо с системами жизнеобеспечения на базе промышленных контроллеров [9].

Опыт использования специализированных приложений доказал свою эффективность, показав, что сочетание точного мониторинга и качественного анализа способно существенно повлиять на экологическую обстановку и повысить комфорт проживания в населённых пунктах [10].

Рабочее место оператора с отображением данных позволяет отображать измеряемые параметры для удобной работы персонала, вести архив данных и событий, формировать отчеты. В состав входит сервер для архивирования данных, визуализационная панель (монитор), клавиатура, мышь, программное обеспечение.



Рис. 6. Общий вид разработанного программного обеспечения системы «Софт:Сигнал»-Ш-С-СИ v.Есо с системами жизнеобеспечения на базе промышленных контроллеров

На рис. 7 представлен ситуационный центр Губернатора Тульской области.



Рис. 7. Ситуационный центр Губернатора Тульской области

Ключевые задачи центра включают: анализ общей картины состояния воздушного бассейна территории; выявление приоритетных направлений деятельности; координация усилий всех подразделений системы; принятие решений о введении специальных режимов эксплуатации объектов и производств. Важнейшей функцией ситуационного центра является предоставление оперативной и достоверной информации руководству региона для выработки эффективных управленческих решений.

Выводы. Таким образом, внедрение информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга экологического состояния атмосферного воздуха промышленно развитых территорий позволяет существенно повысить эффективность мониторинга и управления состоянием атмосферного воздуха, обеспечить своевременное реагирование на чрезвычайные ситуации и способствовать формированию устойчивой экологической политики региона.

Подобная система способна стать мощным инструментом реализации государственной стратегии в сфере охраны окружающей среды и защиты здоровья населения.

К преимуществам предлагаемой системы можно отнести:

- повышенную точность измерений, т.е. современные сенсоры обеспечивают высокую чувствительность и надежность данных;
- оперативность реакции, когда информация поступает практически мгновенно, позволяя своевременно предпринимать меры по защите населения от неблагоприятных воздействий;
- прогностический потенциал. Анализ исторических данных и моделирование будущих сценариев помогают предвидеть возможные проблемы и планировать профилактические мероприятия;
- оптимизацию ресурсов. Централизация сбора и обработки данных сокращает издержки на обслуживание инфраструктуры мониторинга.

Данная система может применяться для решения следующих практических задач: оценка текущего состояния воздушной среды; определение зон риска и источников повышенной опасности; разработка планов действий по снижению уровня загрязнения; контроль выполнения нормативов предприятиями и организациями; обеспечение информацией широкой аудитории для повышения осведомленности населения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 (ред. от 21.07.2020).
2. Об утверждении Концепции совершенствования системы мониторинга загрязнения окружающей среды с учетом конкретизации задач федерального, регионального и локального уровней на 2017-2025 годы: Приказ Росгидромета от 02.02.2017 г № 23.
3. О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и статьи 1 и 5 Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» в части создания систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ: Федеральный закон от 29.07.2018 г. № 252-ФЗ.
4. Лукьянов, О. В. Оснащение стационарных источников выбросов автоматическими средствами контроля / О. В. Лукьянов, М. В. Баюкин, К. К. Нечухин // Экология производства. – 2017. – № 6. – С. 24-28.
5. Информационно-вычислительная система экологической безопасности ООО "Сибэнергоуголь": подходы, методы, модели / В. В. Устинов, В. П. Потапов, Е. Л. Счастливцев [и др.] // Уголь. – 2018. – № 3(1104). – С. 84-90. – DOI 10.18796/0041-5790-2018-3-84-90. – EDN YQRBXK.
6. Степанченко, И. В. Построение систем экологического мониторинга в городах с нестабильной локацией зон опасного загрязнения атмосферного воздуха / И. В. Степанченко // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2015. – № 2(72). – С. 70-75. – EDN VBILFN.
7. Интеллектуальные информационные технологии в экологическом мониторинге / У. У. Умбетов, В. В. Яворский, А. О. Чванова, С. Ж. Байдуллаев // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2(25). – С. 215-221. – DOI 10.48612/vch/a1rt-uzge-7d5x. – EDN ROOBNQ.
8. Оснащение стационарных источников вредных (загрязняющих) веществ автоматическими средствами контроля промышленных выбросов объектов 1-ой категории / В. М. Панарин, Н. А. Рыбка, А. А. Маслова [и др.] // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2019. – № 4 (30). – С. 13-20. – DOI 10.21685/2307-5538-2019-4-2.
9. Маслова, А. А. Повышение эффективности информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона в части вопросов, касающихся объективности предоставляемой информации / А. А. Маслова, М. В. Панарин, Н. А. Рыбка // Экологические системы и приборы. – 2020. – № 9. – С. 34-39. – DOI 10.25791/esip.09.2020.1179. – EDN TUBJEB.
10. Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий / М. В. Панарин, А. А. Маслова, С. А. Савинкова, В. М. Панарин // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25. – № 6. – С. 44-48.

Поступила в редакцию 20.05.2025 г., рекомендована к печати 09.06.2025 г.

**IMPROVEMENT OF INFORMATION-MEASURING AND CONTROL SYSTEMS FOR
MONITORING THE ECOLOGICAL STATE OF ATMOSPHERIC AIR IN INDUSTRIALLY
DEVELOPED TERRITORIES**

Panarin V.M., Maslova A.A., Grishakova O.V.

This paper describes the information-measuring and control system for monitoring the ecological state of atmospheric air in industrially developed territories as the most important tool for monitoring and managing environmental quality, especially in large industrial centers and cities. A structural diagram of the proposed system is presented, as well as the structure of the Governor's situation center, the environmental monitoring center and monitoring posts. Examples of practical implementation of the system are given.

Keywords: environmental monitoring, air pollution, situational center, decision-making, information and measuring system, industrially developed territory.

Панарин Владимир Михайлович

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
Российская Федерация, г. Тула.
E-mail: panarin_tsu@yandex.ru

Panarin Vladimir Mikhailovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Occupational Safety and Environment of Tula State University,
Russian Federation, Tula.

Маслова Анна Александровна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
Российская Федерация, г. Тула.
E-mail: anna_zuykova@rambler.ru

Maslova Anna Aleksandrovna

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at Department of Occupational Safety and Environment of Tula State University,
Russian Federation, Tula.

ГришакOVA Ольга Владимировна

аспирант кафедры охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»,
Российская Федерация, г. Тула.
E-mail: olya.grischakova@yandex.ru

Grishakova Olga Vladimirovna

Postgraduate student, Department of Occupational Safety and Environment of Tula State University,
Russian Federation, Tula.