

**Саратовский Р. Н., Черников А. О., Майборода А. Н.
Донбасский государственный технический университет
E-mail: geocolab@dstu.education

ПРИНЦИП И СТРУКТУРА ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Работа посвящена разработке автоматизированной системы экологического мониторинга. Рассмотрен принцип и структура ее построения, которая в полном объеме удовлетворяет требованиям нормативной документации по контролю атмосферного воздуха санитарно-защитных зон предприятий и территории населенных пунктов. Предложено и описано необходимое оборудование для реализации функций, возложенных на отдельные узлы автоматизированной системы экологического мониторинга.

Ключевые слова: система мониторинга окружающей среды, структура построения АСЭМ, концентрация вредных химических веществ, газоанализатор, метеостанция.

Финансирование: исследования выполнены за счет средств федерального бюджета (код темы: FRRU-2024-0004 в ЕГИСУ НИОКТР).

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Система мониторинга окружающей среды (СМОС) — это система наблюдений, сбора, обработки, передачи, хранения и анализа информации о состоянии окружающей среды, прогнозирования его изменений и разработка научно обоснованных рекомендаций для принятия решений о предотвращении негативных изменений состояния окружающей среды и соблюдения требований экологической безопасности.

В основном система мониторинга направлена на повышение уровня изучения и знаний об экологическом состоянии окружающей среды, повышение оперативности и качества информационного обслуживания пользователей на всех уровнях. Современные СМОС должны быть ориентированы на повышение качества обоснования природоохранных мероприятий и эффективность их осуществления, содействие развитию международного сотрудничества в области охраны окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов и экологической безопасности.

Основными задачами субъектов системы мониторинга являются:

- долгосрочные систематические наблюдения за состоянием окружающей среды;
 - информационно-аналитическая поддержка принятия решений в области охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности;
 - анализ экологического состояния окружающей среды и прогнозирование его изменений;
 - информационное обслуживание органов государственной власти, органов местного самоуправления, а также обеспечение экологической информацией населения страны и международных организаций.
- Структура и уровни СМОС предусматривают развитие следующих видов мониторинга:
- общий (стандартный) мониторинг — это оптимальные по количеству параметров наблюдения в пунктах, объединенных в единую информационно-технологическую сеть, позволяющую разрабатывать управленческие решения на всех уровнях;
 - оперативный (кризисный), сущность которого заключается в наблюдении за специальными показателями на целевой сети пунктов в реальном масштабе времени по отдельным объектам и источникам

повышенного экологического риска в отдельных регионах, которые определены как зоны чрезвычайной экологической ситуации, а также в районах аварий с вредными экологическими последствиями с целью обеспечения оперативного реагирования на кризисные ситуации и принятия решений по их ликвидации;

– фоновый (научный) мониторинг — специальные высокоточные наблюдения за всеми компонентами природной среды, а также за характером, составом, кругооборотом и миграцией загрязняющих веществ, реакциями организмов на загрязнение, выделяемых на уровне отдельных популяций, геосистем и биосферы в целом.

Система экологического мониторинга — это одно из ключевых звеньев информационно-аналитической деятельности, направленной на управление качеством окружающей среды. Ее эффективность напрямую зависит от использования полученной информации органами исполнительной власти и организациями, чья деятельность связана с планированием градостроительной деятельности, управлением дорожного движения, оценкой воздействия загрязнения на здоровье населения, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций.

В общем виде процесс экологического мониторинга можно представить схемой: окружающая среда (либо конкретный объект окружающей среды) — измерение параметров — сбор и передача информации — обработка и представление данных, прогноз. Измерение параметров, сбор и передачу информации, обработку и представление данных осуществляет система мониторинга.

Автоматизированная система экологического мониторинга (АСЭМ), выполненная на основе современных средств измерения и связи, новых компьютерных технологий, обеспечит контроль экологической обстановки. Интегрирование всех составных частей мониторинга в единую технологию минимизирует затраты на их стыковку, сокращает время обмена и преобразования

данных, исключает потери информации, повышая тем самым надежность и эффективность создаваемых систем. Открытая архитектура аппаратного и программного обеспечения (ПО) позволяет наращивать состав измерительной аппаратуры и вводить новые алгоритмы контроля состояния окружающей среды, развивать и модернизировать уже внедренные системы [1, 2].

В связи с этим, *целью* настоящей работы является выделение принципа и структуры построения автоматизированной системы экологического мониторинга, которая будет использоваться для получения и представления непрерывной и достоверной информации о концентрациях вредных химических веществ, пыли и метеопараметрах в атмосферном воздухе санитарно-защитной зоны в реальном масштабе времени.

Объект исследования — автоматизированная система экологического мониторинга, разработанная с применением современных средств измерения и связи, новых компьютерных технологий.

Предмет исследования — принцип построения АСЭМ для измерения состояния атмосферного воздуха, сбора и передачи информации, обработки и представления данных.

Задачи исследования:

- анализ принципа построения АСЭМ и выделение их общей структуры построения;
- разработка АСЭМ, которая должна соответствовать требованиям нормативной документации по контролю атмосферного воздуха и обеспечивать непрерывный контроль с сигнализацией превышения ПДК вредных химических веществ (ВХВ) на базе действующих нормативов

Методы исследования. Проанализировав в работах [3–5] принцип построения АСЭМ, можно выделить общую структуру построения, основную цель применения, задачу и функцию АСЭМ.

Целью применения АСЭМ является получение и представление непрерывной и достоверной информации о концентрациях

ВХВ, пыли и метеопараметрах в атмосферном воздухе санитарно-защитной зоны в реальном масштабе времени.

Основной задачей АСЭМ является непрерывное дистанционное автоматизированное получение и своевременное представление дежурным и экологическим службам достоверной информации о концентрации ВХВ в воздухе санитарно-защитной зоны.

Основной функцией АСЭМ является непрерывный контроль с сигнализацией превышения ПДК ВХВ на базе действующих нормативов, а также прием информации от первичных средств измерения, входящих в состав автоматических постов наблюдения; расчет текущих и среднесуточных концентраций ВХВ и пыли в атмосферном воздухе; оперативное обнаружение и сигнализация о превышении текущими концентрациями заданных пороговых значений; формирование выходной информации, сбор и отображение текущих и архивных данных о концентрациях ВХВ, пыли в атмосферном воздухе; передача информации в городскую и региональную систему экологического мониторинга.

АСЭМ представляет собой двухуровневую систему с распределенной организа-

цией сбора, обработки, хранения, передачи и представления данных в центр мониторинга (ЦМ). Она состоит из автоматических постов наблюдения (АПН) нижнего уровня (НУ) и центра мониторинга (ЦМ) верхнего уровня (ВУ). Структурная схема такой АСЭМ представлена на рисунке 1.

Оборудование ВУ представляет собой семейство информационно-вычислительных программно-аппаратных средств, объединенных в локальную сеть. В состав оборудования ВУ, размещенного в ЦМ, входит: одно стационарное автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора/диспетчера на базе персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ) с монитором; сервер приложений (баз данных); коммуникационное и сетевое оборудование; источники бесперебойного электропитания; лазерный принтер.

В состав программного обеспечения ЦМ АСЭМ входит лицензионное и прикладное ПО для сервера и стационарного АРМ. Программное обеспечение АСЭМ выполняет функции по сбору, хранению, обработке и визуализации данных, а также обеспечивает диагностику технических средств системы.

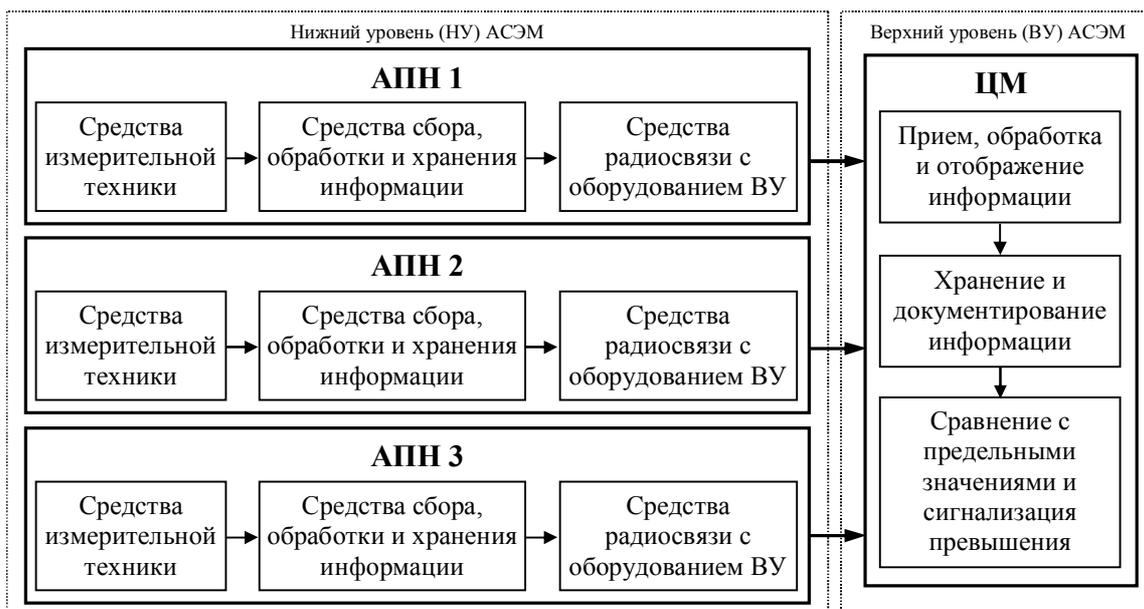


Рисунок 1 — Структурная схема АСЭМ

Стационарное АРМ оператора/диспетчера представляет собой высокопроизводительный персональный компьютер в офисном исполнении и находится непосредственно рядом с сервером приложений и сервером БД. Оно предназначено для использования специально обученным администратором системы и имеет наивысший приоритет среди всех автоматизированных рабочих мест системы.

Сервер приложений (баз данных) представляет собой двухпроцессорный сервер повышенной производительности в офисном исполнении. Для обеспечения требуемой надежности хранения информации сервер оснащен RAID-массивом.

Для обеспечения электропитания с показателями качества на уровне требований компьютерного оборудования, а также повышения уровня защищенности данных, ЦМ комплектуется источником бесперебойного питания (мощность не менее 1500 VA). Сетевые подключения обеспечивает программируемый коммутатор (switch).

Для обмена информацией между компонентами ЦМ используются проводные линии связи. Для обмена информацией между ЦМ и АПН используется беспроводная мобильная связь стандарта UMTS или LTE.

На основании информации от АПН база данных сервера приложений заполняется значениями параметров измерений и диагностическими данными о состоянии оборудования. Отображение текущего состояния АСЭМ (значения измеренных параметров и диагностическая информация) производится на АРМ оператора.

В процессе функционирования ВУ выполняет следующие основные функции: прием информации от автоматических постов контроля нижнего уровня о значениях измеряемых величин, а также о текущем состоянии технических средств нижнего уровня; обработку информации; отображение текущей и ретроспективной информации у оператора в удобном для оперативного восприятия виде; долговременное (не менее 3 лет) хранение информации;

документирование информации; сравнение рассчитанных текущих концентраций с заданными пороговыми уровнями и выработку признаков их превышения; выдачу сигналов о превышении заданных пороговых уровней концентраций опасных химических веществ в точках контроля.

НУ системы включает АПН за состоянием атмосферного воздуха, которые размещены в точках контроля и оборудованы: средствами измерительной техники химических и метеорологических параметров и пыли; средствами сбора, первичной обработки и промежуточного хранения информации от средств измерительной техники; средствами радиосвязи с оборудованием ВУ.

Сбор информации от АПН осуществляется со следующими характеристиками: такт обновления информации в базе данных ЦМ — от 20 минут; время установления рабочего режима из выключенного состояния системы — не более 30 мин.

АСЭМ обеспечивает возможность интеграции необходимого количества АПН за состоянием атмосферного воздуха. ВУ обеспечивает возможность наращивания в части количества стационарных, удаленных и переносных АРМ.

Передача информации от АПН в ЦМ осуществляется по беспроводной мобильной связи стандарта UMTS или LTE через сеть Internet. Доступ к Internet сервера приложений системы осуществляется через локальную (проводную и/или беспроводную) сеть организации.

Программно-технические средства НУ АСЭМ обеспечивают в целом выполнение следующих функций: автоматическое измерение и расчет текущих концентраций ВХВ в атмосферном воздухе; автоматическое измерение пофракционных концентраций пыли (2,5 мкм и 10 мкм); автоматическое измерение метеопараметров; первичную обработку принятой от средств измерения информации (фильтрация, нормализация); передачу данных на ВУ АСЭМ; контроль и сигнализацию о несанкционированном доступе к АПН; самодиагностику технических средств.

В структуру АСЭМ может входить несколько АПН, которые функционируют независимо от состояния и работоспособности программно-технических средств ВУ и каналов передачи данных на ВУ и предназначены для размещения на стенах зданий, опорах, столбах в исполнении от минус 40 °С до плюс 50 °С и не требующие землеотвода.

В структуру АСЭМ входят:

1. Шкаф измерения поста контроля.
2. Вычислительный модуль АПН.
2. Средства измерительной техники.
3. Программное обеспечение АСЭМ.
4. Комплект эксплуатационной документации.

Шкафы измерения поста контроля имеют степень защиты IP65, оборудованы контролем несанкционированного доступа и имеют антивандальное исполнение. Для размещения внутри помещений шкафы могут поставляться без системы термостатирования и антивандального исполнения. Пример шкафа (ШКК К-2040) приведен на рисунке 2.

Шкаф с оборудованием системы климатического контроля обеспечивает функционирование при температуре окружающей среды от минус 40 °С до плюс 50 °С. Конструкция шкафа позволяет размещать его на открытых площадках и обеспечивает защиту оборудования от дождя, снега, ветра, прямых солнечных лучей, пыли. Габаритные размеры термошкафа составляют не более 800×1000×400 (ширина/высота/глубина). Масса термошкафа с установленным оборудованием АПН составляет не более 90 кг.

Электропитание оборудования термошкафа производится от сети переменного тока с напряжением 220 В, потребляемая мощность не более 400 Вт (в режиме обогрева). Для стабильного питания оборудования внутри шкафа устанавливаются источники бесперебойного электропитания типа Back-UPS BX1100CI-RS, APC и источники вторичного питания, датчик температуры и другие электротехнические комплектующие (реле, выключатели, соединители клеммные и др.).

Электропитание оборудования термошкафа производится от сети переменного тока с напряжением 220 В, потребляемая мощность не более 400 Вт (в режиме обогрева). Для стабильного питания оборудования внутри шкафа устанавливаются источники бесперебойного электропитания типа Back-UPS BX1100CI-RS, APC и источники вторичного питания, датчик температуры и другие электротехнические комплектующие (реле, выключатели, соединители клеммные и др.).



Рисунок 2 — Шкаф измерения поста контроля ШКК К-2040

Внутри шкафа располагается *вычислительный модуль* на базе встраиваемого промышленного компьютера Advantech серии ARK с прикладным программным обеспечением АПН.

Встраиваемый промышленный компьютер обеспечивает: получение данных измерений по последовательным интерфейсам RS-232 и RS-485 от средств измерительной техники АПН; проверку данных на соответствие заданным видам ВХВ, метеопараметрам и концентрации пыли, а также диапазонам возможных значений (проверка на достоверность); хранение измеренных данных в течение времени не менее 24 часов; передачу измеренных данных в подсистему ВУ по беспроводной связи стандарта UMTS или LTE (с помощью 3G, 4G LTE радиомодема АПН) для отображения на АРМ в ЦМ; передачу по беспроводному каналу связи в подсистему ВУ диагностической информации о работоспособности средств измерительной техники, а также информации о наличии/отсутствии внешнего электроснабжения; передачу сигнала об открытии/закрытии дверей шкафов, входящих в состав АПН.

Обмен информацией между вычислительным модулем и радиомодемом производится по каналу RS-232 (или USB). Передающая антенна установлена на специ-

альном кронштейне, на внешней боковой панели шкафа измерения концентрации химических веществ.

Средством измерительной техники может быть многокомпонентный газоанализатор химических веществ и пыли AQT 420 и метеостанция WXT 520.

Многокомпонентный газоанализатор химических веществ и пыли AQT 420 представляет собой компактное средство измерительной техники для измерения концентраций вредных химических веществ и пыли. С помощью монтажного комплекта, входящего в поставку, AQT 420 устанавливается на столб или стену рядом со шкафом измерения поста контроля. AQT 420 измеряет концентрации четырех любых газов из следующего перечня: CO, CO₂, NO, NO₂, SO₂, H₂S, O₃, VOC (горючие газы) и концентрацию пыли, а также влажность, давление и температуру воздуха. Внешний вид AQT 420 приведен на рисунке 3.

Перечень, диапазоны и погрешности измерения концентраций ВХВ приведены в таблице 1.



Рисунок 3 — Газоанализатор химических веществ и пыли AQT 420

Таблица 1
Показатели концентраций ВХВ

Контролируемое вещество	NO ₂	SO ₂	CO
Диапазон измерения, ppm	0–2	0–2	0–10
Минимальная измеряемая величина, ppm	0,005	0,005	0,01
Относительная погрешность измерений	±20 %	±20 %	±20 %

Измерение концентраций газов основано на электрохимическом принципе. Поскольку электрохимические сенсоры очень чувствительны к условиям окружающей среды (температура и влажность), их влияние учитывается запатентованными регуляторами и специальными алгоритмами компенсации, реализованными в приборе. Это гарантирует точность измерений ppm. Срок службы сенсоров без замены 2 года. Принцип действия датчика частиц AQT 420 основывается на рассеивании лазерного луча, вызываемого движением частиц, которое обнаруживается с помощью оптики и светочувствительных датчиков. Метод позволяет одновременное измерение двух размеров частиц (до 2,5 мкм и до 10 мкм). Процессор прибора регулярно контролирует состояние насоса отбора проб для передачи наружного воздуха в модуль газового анализа для измерения. Все результаты измерений сохраняются в приборе, откуда они передаются по каналу RS-485.

AQT 420 обеспечивает измерение пофракционной концентрации пыли в диапазоне 0,1÷60 мг/м³, AQT 420 E4200 обеспечивает измерение температуры в диапазоне от минус 40 °С до плюс 85 °С с погрешностью 0,1 °С, измерение влажности в диапазоне 0÷100 % с погрешностью 0,1 %, измерение давления в диапазоне 800÷1100 mbar с погрешностью 1 mbar.

Прибор включает в себя два последовательных интерфейса: RS-232 и RS-485. RS-232 предназначен для управления и настроек E4200 с помощью специальной программы для ПЭВМ, оставляемой с прибором. Поддерживаемые протоколы передачи данных Modbus ASCII.

Полученные с помощью последовательного интерфейса RS-485 результаты измерений поступают на вход вычислительного модуля АПН (Advantech серии ARK). Обработанные данные передаются в подсистему ВУ по беспроводной связи стандарта UMTS или LTE, для сохранения в базе данных ЦМ и отображения на АРМ.

AQT 420 размещается на высоте соответствующей зоне дыхания человека (от 1,5 м до 3 м).

Измерение метеорологических параметров производится с помощью метеостанции WXT-520, которая представляет собой компактное средство измерительной техники для непрерывного измерения метеорологических параметров. Данный прибор обеспечивает измерение направления и скорости ветра, атмосферных осадков, атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха. Диапазоны измерения метеорологических параметров и погрешность измерения приведены в таблице 2.

Информация об измеренных метеопараметрах поступает по каналу RS-485 на вход вычислительного модуля АПН (Advantech серии ARK). Обработанные данные передаются в подсистему ВУ по беспроводной связи стандарта UMTS или LTE, для сохранения в базе данных ЦМ и отображения на АРМ. Интервал измерений метеопараметров настраивается по умолчанию на 10 мин.

Метеостанция WXT-520 состоит из:

– датчика WINDCAP, обеспечивающего измерение скорости и направление ветра. Процесс измерения обеспечивается тремя

равноудаленными ультразвуковыми трансиверами, расположенными в горизонтальной плоскости;

– датчика RAINCAP, обеспечивающего измерение интенсивности осадков. Процесс измерения основан на применении датчика, детектирующего импульсы капель дождя. Программное обеспечение обеспечивает интегрирование количества осадков;

– блок-модуля PTU, который объединяет три датчика емкостного типа для измерения атмосферного давления, температуры воздуха и относительной влажности. Монтируется внутри защитного корпуса, обеспечивающего защиту датчиков от солнечного излучения и атмосферных осадков. Модуль PTU является заменяемым и может быть поставлен как запасная часть. В качестве измерительных датчиков в блоке-модуле PTU используются:

– датчик BAROCAP (кремниевый, емкостной) обеспечивает измерение атмосферного давления;

– датчик THERMOCAP (керамический, емкостной) обеспечивает измерение температуры атмосферного воздуха;

– датчик HUMICAP (емкостной, на основе полимерной пленки) обеспечивает измерение влажности.

Таблица 2

Метеорологические параметры и погрешность измерения метеостанции WXT-520

Наименование параметра	Диапазон измерения	Погрешность измерения	Время измерения и усреднения
Скорость ветра	от 0 до 60 м/с	$\Delta = \pm (0,3 + 0,02V)$, где V — измеренная скорость, м/с	1–600 сек.
Направление ветра	0–360°	$\Delta = \pm 20$	1–600 сек
Температура воздуха	от –52 до +60 °С	$\Delta = \pm 0,3$ °С (–52 до 20) °С, $\Delta = +0,7$ °С (20–60) °С, $\Delta = -0,4$ °С (20–60) °С	3–3600 сек
Относительная влажность	0,8–100 %	$\Delta = \pm 3$ % для 0,8–90 %, $\Delta = \pm 5$ % для 90–100 %	3–3600 сек
Атмосферное давление	от 600 до 1100 гПа	$\Delta = \pm 1,0$ гПа (–52–0 °С) $\Delta = \pm 0,5$ гПа (0–30 °С) $\Delta = \pm 1,0$ гПа (30–60 °С)	3–3600 сек
Количество осадков	0–9999 мм	$\Delta = \pm (0,5 + 0,2/Мизм)$, мм, где Мизм — измеренная интенсивность осадков, мм	накопление, начиная с последнего автоматического или ручного перезапуска

Внешний вид метеостанции WXT-520 и расположение составных элементов внутри нее показано на рисунке 4.

Метеостанция WXT-520 оснащена комплектом защиты от посадки птиц, который устанавливается на преобразователе осадков и крепится к корпусу винтами.

В комплект поставки метеостанции входит мачта высотой 8 м, крепления мачты и кабель (необходимая длина кабеля определяется в техно-рабочем проекте).

В соответствии с требованиями эксплуатационной документации на метеостанцию WXT-520 при выборе места установки необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- расстояние от метеостанции до деревьев, зданий и других объектов должно быть не менее десятикратной высоты мешающих объектов;

- при монтаже корпус станции (стрелка на корпусе) должен быть ориентирован в направлении на истинный север;

- необходимо избегать расположения станции в следующих местах: затененные участки, плоские крыши, крутые склоны, источники тепла, высокая растительность, участки, на которых скапливается дождевая вода;

- рекомендуемое место для установки метеостанции — горизонтальная открытая площадка, удаленная от возможных препятствий для ветра, засеянная низкорослыми травами, огражденная по периметру от проникновения животных и лиц, не имеющих отношения к работе с метеостанцией;

- рекомендуемая высота установки метеостанции составляет от 8 до 15 м от уровня земли, желательно на мачте.

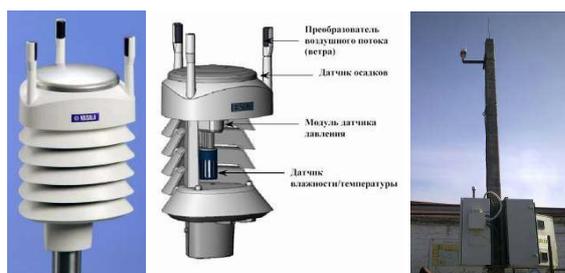


Рисунок 4 — Метеостанция WXT-520

Программное обеспечение АСЭМ выполняет функции по сбору, хранению, обработке и визуализации данных АСЭМ, а также обеспечивает диагностику технических средств системы.

В состав ПО входит:

- системное (общее) ПО, представляющее собой совокупность программных средств, предназначенных для обеспечения работоспособности компьютерной техники и программных комплексов;

- базовое ПО, представляющее собой совокупность программных средств, предназначенных для реализации общих функций АСЭМ — сбора, обработки, представления, архивирования и документирования информации;

- сетевое ПО, представляющее собой совокупность программных средств, предназначенных для организации обмена информацией между НУ и ВУ системы, а также для подключения к внешним сетям предприятия;

- прикладное ПО, представляющее собой совокупность программных средств, предназначенных для реализации конкретных функций и задач АСЭМ по сбору, хранению, обработке и визуализации данных, а также диагностике неполадок компонентов системы и управлению ими.

Создаваемая АСЭМ имеет открытую структуру и обеспечивает увеличение количества постов контроля и измеряемых параметров. В том числе система обеспечивает интеграцию в свой состав первичных средств измерения, ранее приобретенных. Более того, в состав системы легко интегрируются не только стационарные, но и переносные посты, что позволяет, например, обеспечить при необходимости дискретный мониторинг химических веществ (один раз в 10 дней, один раз в месяц, квартал) одним комплектом технических средств в разных точках, что существенно снижает финансовые затраты. АСЭМ также может обеспечить ввод и ведение структурированной базы данных лабораторных измерений. Это может существенно повысить информированность о

реальной обстановке с атмосферным воздухом, а также достоверность и представительность проводимых измерений.

В состав системы может при необходимости быть включено программное обеспечение для информирования заинтересованных лиц при помощи механизма SMS информацией об экологическом состоянии конкретного объекта.

В состав системы может быть опционально включен экран коллективного пользования для наружной или внутренней установки, который может быть установлен по отдельному проекту независимо от создания АСЭМ.

В состав АСЭМ могут входить удаленные и переносные АРМ потребителей информации, подключенные к сети Internet. Удаленное АРМ представляет собой высокопроизводительный персональный компьютер в офисном исполнении (либо ноутбук). Переносное АРМ представляет собой высокопроизводительный ноутбук, планшет либо смартфон с сенсорным дисплеем. Удаленное и переносное АРМ может располагаться в любой точке мира. На удаленное и переносное АРМ устанавливается клиентская часть прикладного ПО с целью обеспечения доступа к оперативной и архивной информации АСЭМ.

В состав комплекта поставки АСЭМ включается комплект *эксплуатационной документации*, состав которой определяется ведомостью эксплуатационных документов. Комплектность и содержание документации на программные средства системы определяются требованиями ГОСТ 19.101-77. ЕСПД. Виды программ и программных документов [6].

Эксплуатационная документация включает следующие основные документы:

- руководство по эксплуатации, формуляр на АСЭМ;
- структурная схема АСЭМ;
- формуляр на программное обеспечение АПН;
- руководство системного программиста ПО АПН;

- формуляр на ПО АРМ, сервера;
- руководство оператора ПО АРМ, ПО сервера;
- руководство системного программиста ПО АРМ, ПО сервера;
- паспорт на АПН;
- схема электрическая подключений АПН;
- паспорт на шкаф измерения АПН;
- комплект документации на многокомпонентный газоанализатор;
- комплект документации на метеостанцию.

В соответствии с эксплуатационной документацией на АСЭМ предусмотрено техническое обслуживание системы, которое включает ежедневный контроль технического состояния постов, диагностику оборудования, включая средства измерительной техники, техническое обслуживание АПН с целью предупреждения отказов и сохранения работоспособности оборудования и программного обеспечения при эксплуатации, ежегодные поверки средств измерительной техники и т. д.

Техническое обслуживание средств измерения включает:

- калибровку нуля при некорректных показаниях;
- демонтаж (монтаж) при проведении ежегодной поверки или ремонте;
- диагностику оборудования, каналов связи;
- проверку системы на отсутствие утечек;
- замену фильтров, слив конденсата из влагоотделителя;
- ежегодную поверку многокомпонентного газоанализатора и метеостанции;
- чистку фильтров, промывку пробоотборного тракта и зондов;
- проверку целостности и отсутствия повреждений;
- замену батареек;
- другие работы, возникающие при эксплуатации и некорректных показаниях.

Техническое обслуживание шкафа АПН включает:

- проверку целостности кабелей электропитания, цепей защитного заземления

внутри шкафов и соединения с заземляющим проводником;

- проверку целостности антенн, корпусов и надежности крепления шкафов;
- проверку работоспособности систем поддержания микроклимата внутри термощкафов;
- очистку контактов (силовых и информационных цепей);
- проверку работоспособности источников бесперебойного электропитания;
- проверку работы концевых датчиков «несанкционированный доступ»;
- демонтаж (монтаж) модемов и другого оборудования при ремонте и замене на резервное;
- другие работы, возникающие при эксплуатации.

Техническое обслуживание оборудования и ПО ВУ включает:

- визуальный осмотр и проверку комплектности и отсутствия внешних повреждений оборудования;
- проверку целостности цепей защитного заземления;
- проверку работоспособности источников бесперебойного электропитания;
- проверку качества работы локальной сети;
- проверку работоспособности вентиляторов охлаждения АРМ и сервера;
- анализ журнала событий, общую оценку состояния системы;
- проверку накопителя на жестком магнитном диске и удаление устаревших данных;
- проведение регламентных работ на SQL-сервере;
- проверку работоспособности приемника спутниковой навигационной системы (ГЛОНАСС) подсистемы сбора, обработки и хранения данных;
- проверку состояния операционной системы на всех компонентах ВУ;
- восстановление/инсталляция операционной системы и приложений на сервере, АРМ (при необходимости).

Выводы:

1. Рассмотренная структура АСЭМ, предлагаемая к внедрению, удовлетворяет в полном объеме требованиям нормативной документации по контролю атмосферного воздуха санитарно-защитных зон предприятий и территории населенных пунктов.

2. Внедрение АСЭМ обеспечит:

- повышение качества (оперативности, достоверности, своевременности, согласованности) информации по всем собираемым показателям;
- повышение качества и оперативности принятия управленческих решений на основе полной и достоверной информации;
- структуризацию и унификацию хранимых данных и процессов доступа к ним;
- повышение оперативной доступности данных;
- персонализацию доступа к информации;
- обеспечение единой системы процедур формирования отчетов;
- сокращение временных затрат на обработку большого объема и разнообразных источников информации, используемой в процессе анализа;
- возможность для пользователей использовать развитые, интеллектуальные средства табличного и графического представления данных;
- повышение надежности хранения данных;
- организацию защиты данных от несанкционированного доступа;
- косвенный анализ причин возникновения повышений уровней концентраций, связанных с технологией производства.

3. Для установки предлагаемых АПН не требуется землеотвод, поскольку посты могут устанавливаться на стенах зданий и сооружений, имеющих опоры линий электропередач и прочих стационарных сооружениях. АПН имеют минимальные габаритные размеры и обеспечивают работу в диапазоне температур от минус 40 до плюс 50 °С.

Дальнейшие направления исследований следует сосредоточить на усовершенствовании и расширении структуры и функций АСЭМ путем поэтапного наращивания количества АПН, объемов и номенклатуры кон-

тролируемых параметров, поскольку предложенная структура построения системы и заложенные резервы вычислительных аппаратных средств и программного обеспечения в полном объеме позволяют это обеспечить.

Список источников

1. Никитина А. В. *Окружающая среда под автоматизированным контролем* // *Neftegaz.RU*. 2017. № 9. URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/avtomatizatsiya/545436-okruzhayushchaya-sreda-pod-avtomatizirovannym-kontrolem/> (дата обращения: 08.02.2025).
2. *Автоматизированный экологический мониторинг / ID Solution // Информатизация и системы управления в промышленности*. 2021. № 4 (94). URL: <https://isup.ru/articles/34/17078/> (дата обращения: 26.02.2025).
3. Колтыпин С. И., Петрулевич А. А. *Автоматизированные системы экологического мониторинга: интегрированный подход // Современные технологии автоматизации*. 1997. № 1. С. 28–32. URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/otrasli/ekologiya/125650/> (дата обращения: 02.03.2025).
4. *Системный подход к разработке концепции экологического мониторинга промышленных городов / А. Г. Абрамова, Н. К. Плуготаренко, В. В. Петров, А. В. Маркина // Инженерный вестник Дона*. 2012. № 4. Ч. 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1342> (дата обращения: 15.03.2025).
5. *Автоматизированная система мониторинга выбросов стационарных источников опасных производственных объектов / А. В. Толстых, В. В. Котов, И. В. Партанский, М. И. Таджиев // Химическая техника*. 2017. № 2. URL: <https://chemtech.ru/avtomatizirovannaja-sistema-monitoringa-vybrosov-stacionarnyh-istochnikov-opasnyh-proizvodstvennyh-obektov/> (дата обращения: 18.03.2025).
6. ГОСТ 19.101-77. ЕСПД. *Виды программ и программных документов*. URL: <https://www.swrit.ru/doc/esp/19.101-77.pdf> (дата обращения: 21.03.2025).

© Саратовский Р. Н., Черников А. О., Майборода А. Н.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. АУИТ ДонГТУ Кухаревым А. Л.,
ведущим инженером по автоматизированным системам управления производством
цеха КИПиА ООО «ЮГМК» Шелепенко В. В.*

Статья поступила в редакцию 26.03.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Саратовский Руслан Николаевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия,
e-mail: geoecolab@dstu.education

Черников Артем Олегович, техник Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Майборода Алексей Николаевич, техник Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

***Saratovskyy R. N., Chernikov A. O., Maiboroda A. N.** (*Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: geoecolab@dstu.education*)

PRINCIPLE AND DESIGN STRUCTURE OF AN AUTOMATED ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM

The work is dedicated to the development of an automated environmental monitoring system. The principle and its design structure are considered, which fully meets the requirements of regulatory documentation on control the atmospheric air of sanitary protection zones of enterprises and territories of settlements. Necessary equipment for functions realization assigned to separate units of the automated environmental monitoring system is offered and described.

Key words: *environmental monitoring system, design structure of an AEMS, hazardous chemicals concentration, gas analyzer, meteorological station.*

Funding: *the research was carried out using federal budget funds (subject code: FRRU-2024-0004 in EGISU R&D).*

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Saratovskyy Ruslan Nikolayevich, *PhD in Engineering, Senior Researcher of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia,
e-mail: geoecolab@dstu.education*

Chernikov Artem Olegovich, *Technician of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia*

Maiboroda Aleksey Nikolaevich, *Technician of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia*