

УДК 004:66.03:616-07

**УДАЛЕННЫЕ МОДУЛИ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО ГАЗОАНАЛИЗА****<sup>1</sup>Еременко Л.Н., <sup>2</sup>Еременко М.В., <sup>3</sup>Львова И.В.**<sup>1</sup>ФГБОУ «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,  
Москва, e-mail: eremenko@intmail.net;<sup>2</sup>ФГБОУ «Московский технологический университет», Москва, e-mail: eremenko@intmail.net;<sup>3</sup>ФГБОУ «Московский государственный медико-стоматологический университет  
им. А.И. Евдокимова», Москва, e-mail: lvova@intmail.net

В статье определяется структурная схема удаленной модели экологического мониторинга и общей формы оптико-акустического газоанализа. Развитие промышленности и внедрение новых технологических процессов приводит к все большему загрязнению окружающей среды и в первую очередь земной атмосферы. Наряду с газовыми загрязнениями природного характера в земной атмосфере появляются новые сложные синтетические соединения, не существующие и не образующиеся в природе и не свойственные ей. Лазерные методы являются наиболее перспективными для оперативного газоанализа. Если качественный состав газовой смеси известен, то измерение концентраций компонент смеси может быть проведено с использованием перестраиваемого по длине волны источника лазерного излучения, путем регистрации поглощения излучения анализируемой газовой смесью для определенного набора спектральных каналов измерения. Важным условием применимости такого метода является аддитивность коэффициентов поглощения (в используемых спектральных каналах измерения) отдельных компонент анализируемой газовой смеси. Представлены необходимые значения и формы разработки подробной модели, а также сервисные обеспечения исследуемой структуры.

**Ключевые слова:** газоанализатор, экологический мониторинг, структура, схема, модель**REMOTE MODULES OPTO-ACOUSTIC GAS ANALYSIS****<sup>1</sup>Eremenko L.N., <sup>2</sup>Eremenko M.V., <sup>3</sup>Lvova I.V.**<sup>1</sup>Moscow State Technical University named after Bauman, Moscow, e-mail: eremenko@intmail.net;<sup>2</sup>Moscow Technological University, Moscow, e-mail: eremenko@intmail.net;<sup>3</sup>Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov,  
Moscow, e-mail: lvova@intmail.net

The article defined a block diagram of a remote environmental monitoring model and the overall shape of photoacoustic gas detection. The development of industry and the introduction of new technological processes leads to increasing pollution of the environment and above all the earth's atmosphere. Along with gas contamination of natural origin in the Earth's atmosphere, new sophisticated synthetic compounds that do not exist and are not produced in nature and is not peculiar to it. Laser techniques are the most promising for rapid gas analysis. If the qualitative composition of the gas mixture is known, the measurement of concentrations of mixture components can be carried out using a wavelength-tunable source of laser radiation, absorption of radiation by registering the analyzed gas mixture for a given set of spectral measurement channels. An important condition for the applicability of this method is additive absorption coefficients (used in spectral measurement channels) of individual components of the analyzed gas mixture. It presents the necessary values and shape the development of detailed models, as well as service provision investigated structure.

**Keywords:** gas analyzer, environmental monitoring, structure, diagram, model

Мониторинг урбанистических и экосистем становится важной задачей современности. Развитие науки, техники и промышленности, внедрение новых технологических процессов приводит ко все большему загрязнению окружающей среды, носящему тотальный характер. Изменения в промышленном производстве сказались на составе промышленных выбросов, что привело к качественно новому загрязнению воздушного и водного бассейнов Земли. Наряду с газовыми загрязнениями природного характера в земной атмосфере появились новые сложные синтетические соединения, не существующие и не образующиеся в природе и не свойственные ей. Исследования показали, что некоторые новые синтетические сое-

динения оказались в биологическом отношении высокоактивными, а токсичность многих из использующихся в промышленности веществ пока еще мало изучена. Это уже привело к тому, что экологическое равновесие в ряде районов нашей планеты находится под прямой угрозой.

Особо важное значение для человека и природной среды в целом имеет экологический контроль загрязненности атмосферного воздуха.

Источниками загрязнений атмосферного воздуха являются топки печей, ГРЭС, химические, металлургические и другие промышленные производства, выхлопные газы автотранспорта, продукты сгорания турбореактивных двигателей самолетов, лесные, торфяные и другие пожары и т.п.

Вредные атмосферные примеси оказывают на человека и природную среду токсическое, канцерогенное (вызывают злокачественные новообразования), мутагенное (вливают на наследственность), тератогенное (вызывают уродства у рождающихся детей), аллергенное и климатическое воздействие.

Токсическое воздействие на здоровье человека, животных и растений, на биосферу вообще, а также на объекты неживой природы (например, на здания и сооружения) оказывают многие газовые примеси антропогенного происхождения в сильно загрязненном атмосферном воздухе больших городов и промышленных районов. Вне этих районов уровень содержания токсичных примесей и их влияние на окружающую среду в целом незначительно. Канцерогенное действие на организм при поступлении с вдыхаемым воздухом оказывают некоторые ароматические амины, смолистые соединения, альдегиды, нитрозамины и др. В крупных промышленных центрах, где размещены химические и нефтехимические предприятия, канцерогенные вещества составляют до 80% общего загрязнения атмосферного воздуха. При установлении опасности выявления злокачественных новообразований у человека под влиянием вредных органических веществ (при поступлении их в организм с вдыхаемым атмосферным воздухом) нужно учитывать, что канцерогенное действие многих веществ обнаруживается лишь через длительный период после начала их действия. С момента поступления в организм человека некоторых канцерогенных веществ и до появления первых клинических признаков заболевания скрытый период действия нередко может составлять 20 лет и более.

Мутагенное действие на организм оказывает ряд химических веществ: некоторые ароматические амины, в том числе и нитрозамины, альдегиды, галогензамещенные алканы и их производные, винилхлорид. Активные мутагены образуются вследствие реакции содержащихся в атмосфере премутагенов, в частности 1,2-бензпирена и полициклических аренов, с озоном, диоксидом азота и нитросоединениями. К числу мутагенов относятся и некоторые канцерогенные вещества, в том числе и 3,4-бензпирен. Генетическая адаптация человека к поступлению в организм мутагенов из внешней среды невозможна.

Аллергенное действие, обусловленное повышенной чувствительностью организма к воздействию химических веществ, оказывают многие органические соединения. Они вызывают либо общие заболевания

(бронхиальная астма, ринит и др.), либо болезни кожи (дерматит, экземы и др.).

Органические соединения, осаждающиеся из промышленных выбросов, оказывают токсичное действие на микрофлору почвы и растения. Наиболее вредны соединения, отличающиеся высокой стабильностью. Критерием стабильности вещества в почве служит период его полураспада (время, в течение которого концентрация токсичного вещества снижается на 50% по сравнению с исходным значением).

Промышленные выбросы в атмосферу с течением времени под влиянием силы тяжести оседают на поверхность почвы и затем частично с поверхностным стоком поступают в водоемы, пополняя вредное действие сточных вод. Растворимые в воде вредные органические соединения, попавшие на поверхность почвы с промышленными выбросами, фильтруются почвой и поступают в подземные воды. Таким образом, промышленные выбросы в атмосферу влияют на содержание вредных веществ в источниках водоснабжения.

Промышленные выбросы в городах вредно действуют на здания, памятники архитектуры и искусства, искажая внешний вид (известны случаи резкого изменения внешнего вида ценных памятников в городах в результате действия на них вредных выбросов в атмосферу).

Ежегодно вследствие активной промышленной деятельности человека в атмосферу Земли выбрасываются сотни различных загрязнителей. Основными загрязняющими газовыми компонентами являются оксиды углерода (углекислый газ и оксид углерода), соединения серы, соединения азота (оксиды азота, аммиак, органические соединения азота), углеводороды, озон, галогеносодержащие соединения.

В зависимости от источника и механизма образования различают первичные и вторичные загрязнители воздуха. Первые представляют собой химические вещества, попадающие непосредственно в воздух из стационарных или подвижных источников. Вторичные образуются в результате взаимодействия в атмосфере первичных загрязнителей между собой и с присутствующими в воздухе веществами (кислород, озон, аммиак, вода и др.) под действием ультрафиолетового излучения. Часто вторичные загрязнители, например вещества группы пероксиацетилнитратов (ПАН), гораздо токсичнее первичных загрязнителей воздуха.

Целью контроля загрязнения атмосферного воздуха является получение полной информации о качественном и количественном составе загрязненного воздуха и его

изменении, необходимой для прогнозирования степени загрязнения воздуха, выполнения мероприятий по охране окружающей среды, гигиенических и токсикологических исследований.

Для задач удаленного опτικο-акустического газоанализа используются комплексные системы, в которых условно можно выделить три составные части [3, с. 145]:

1. Собственно аппаратно-программная часть, обеспечивающая мониторинг нужной среды как непосредственно через систему датчиков и аудио-визуальный тракт, так и средствами удаленного опτικο-акустического газоанализа, которые в свою очередь могут быть как относительно простыми аналогами непосредственных средств, так и сложными подвижными роботизированными платформами со средствами дистанционного контроля.

2. Информационная система (ИС) для получения данных с датчиков и управления аудио-визуальными потоками. Такая система обычно строится с использованием интернет-технологий с клиент-серверной архитектурой и веб-интерфейсом. Отдельно следует отметить тенденцию миграции современных ИС с веб-ориентированной платформы с использованием серверного языка PHP на «облачные» сервисы с доминированием серверной версии языка Java – J2EE, то есть миграция с односерверного решения на кластерные многосерверные решения уровня предприятия.

3. Уровень пользовательского интерфейса (UI) с обеспечением максимально широкого охвата доступных устройств: от «классического» ПК с оконным UI для мобильных устройств с «осязательным» UI и в перспективе возможности легкого расширения на другие классы UI, такие как 3D очки, аудиоинтерфейс и тому подобное. Для обеспечения этих задач возможно использование как веб-интерфейса на основе HTML5/JS, так и нативных решений для перспективных платформ – Android, Windows, iOS.

Обеспечением создания и поддержки современных ИС удаленного опτικο-акустического газоанализа необходимо заниматься в комплексе. Мероприятиями, которые обеспечивают этот комплекс, могут являться:

1) учебный процесс, включающий соответствующие учебные дисциплины: как специализированные «Интернет-программирование», «Клиент-серверное программирование», «Веб-технологии», «Робототехника» с отражением на уровень бакалавра и магистра, так и базовые «Основы программирования», «Базы данных», «Объектно-ориентированное программирование»

с акцентом на современное состояние ИТ, языка программирования Java, JavaScript, PHP и углубленное изучение ОС Linux/Unix и сетевой и интернет архитектуры;

2) опытно-конструкторский цикл, в основу которого заложена специализированная лаборатория робототехники, встроенных систем и мобильного компьютеринга и прикладного исследования поставленных задач, их макетирование и создание аппаратно-программных прототипов. Отдельным вопросом является режим удаленного доступа к ресурсам такой лаборатории через веб-интерфейс с устройством виртуального аналога реально действующей лаборатории – виртуальной учебной лаборатории робототехники и мобильного компьютеринга. Благодаря такому решению появляется возможность удаленного выполнения исследований, включая уменьшение опасности повреждения оборудования поскольку недопустимые действия блокируются в пользовательском интерфейсе. Другим весомым преимуществом является возможность тестировать аппаратно-программные решения, которые переносятся на всю ИС мониторинга, в частности задачи удаленного мониторинга с использованием веб-интерфейса робототехнических средств реальных задач эколого-экономического мониторинга, например, природоохранных и природно-техногенных комплексов;

3) сопровождение и поддержка ИС мониторинга включает как аппаратно-программные решения, так и специализированные тренинги персонала как в реальных условиях, так и использовании виртуального доступа через механизмы виртуальной лаборатории и веб-интерфейса с действующими ИС с удаленным доступом к робототехническим платформам опτικο-акустического газоанализа.

Особое место занимают концептуальные аспекты реализации архитектуры ИС опτικο-акустического газоанализа в части робототехнических средств. Для задач удаленного мониторинга целесообразно применять комплексные решения – работы телеприсутствия, которые включают [6, с. 91]:

1. Наземные мобильные платформы с колесным или гусеничным приводом как наиболее распространенные и изученные.

2. Летающие платформы или беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые строятся как по схеме самолета для исследования открытых пространств, так и одно- или многолопастных конструкций, например квадрокоптер, для детального мониторинга относительно небольших территорий со сложным рельефом, препятствиями и закрытыми помещениями.

3. Узкоспециализированные решения. Например, для экологического мониторинга заповедника, учитывая его уникальное природно-ресурсное и рекреационно-географическое положение, целесообразно использование плавающих робототехнических платформ в комплексе с двумя предыдущими.

Общими для этих трех решений являются: программная часть, аудио-визуальный тракт и коммуникационные решения, использующие стандартные для индустрии wi-fi и мобильную связь [4, с. 65]. Благодаря такому подходу робот телеприсутствия оптико-акустического газоанализа выступает как унифицированное аппаратно-программное решение, легко адаптируется к соответствующим условиям природной среды и не требует изменений в программном обеспечении ИС и UI [2, с. 147].

Благодаря интерфейсу, основанному на веб-технологиях, пользователь может удаленно управлять роботом оптико-акустического газоанализа, вести видеонаблюдение с аудио-визуальной фиксацией на серверах ИС, отдавать отдаленные голосовые команды и тому подобное [1, с. 17]. Благодаря элементам искусственного интеллекта (AI) робот оптико-акустического газоанализа в состоянии избегать отдельных критических ситуаций, проводить самостоятельно мониторинг заданных территорий или объектов в режиме автономного патрулирования с привязкой к карте местности и GPS навигации или специальных маяков для закрытых помещений [5, с. 36].

Отдельно следует отметить вопросы обучения робота телеприсутствия. В процессе эксплуатации постоянно возникают задачи по адаптации роботов оптико-акустического газоанализа к специфическим условиям различных сред мониторинга. Эти задачи должны быть легко реализованы, для чего предусмотрен специализированный алгоритмический язык, который доступен непосредственно через веб-интерфейс

и позволяет совершенствовать AI робота телеприсутствия и функциональные возможности виртуальной экологической лаборатории робототехники в целом.

Также в данном случае возможно и прикладное применение в медицинских целях. Для области общественного здоровья в модуле возможно прописать мониторинг параметров в привязке к уровню заболеваемости населения и степени влияния на окружающую среду с прогнозированием. Для районов с техногенно аварийной ситуацией и катастрофами возможна дистанционная разведка. Для личного использования перспективны разработка и применение системы мониторинга экологической и иной обстановки в жилых помещениях и у человека в виде носимой электроники.

### Список литературы

1. Бельская Е.Н., Медведев А.В., Михов Е.Д., Тасейко О.В. Применение методов непараметрического моделирования в решении задач экологического мониторинга // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2016. – Т. 17, № 1. – С. 10–18.
2. Волкодаева М.В., Демина К.В. Теоретический и практический взгляд на развитие систем экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в городах РФ // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. – 2016. – № 2–2 (63). – С. 146–149.
3. Доронина Ю.В., Рябовая В.О. Метод модернизации информационных систем экологического мониторинга на основе анализа их функциональной нагрузки // Труды СПИИРАН. – 2016. – № 1 (44). – С. 133–152.
4. Зубов Я.М., Ильин И.И. Прототип системы удаленного мониторинга // Наука, образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 4 частях. – М.: ООО «АР-Консалт», 2015. – С. 65–66.
5. Равшанов Н., Тоштемирова Н., Нарзуллаева Н. Компьютерная модель для мониторинга и прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных регионов // Архивариус. – 2016. – Т. 2, № 1 (5). – С. 33–37.
6. Сергеев С.А. Многоканальная нестационарная модель удаленного сервера автоматизированной системы мониторинга искусственных сооружений // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – № 1 (46). – С. 85–92.