

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/51-213

Ссылка для цитирования этой статьи:

Евсеева О.Е., Дорошенко В.М. Разработка программного комплекса для системы мониторинга экологических параметров воздуха с применением БПЛА // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2025. №3

УДК 623.746

DOI:10.24412/2541-9269-2025-3-18-26

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Евсеева О.Е.¹, Дорошенко В.М.²

¹ Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, evseevaolya26@gmail.com

²Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, dorvalentina9@gmail.com

A SYSTEM FOR MONITORING USING UAVS

Evseeva O.E.¹, Doroshenko V.M.²

¹ Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov, evseevaolya26@gmail.com

²Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia,
Saratov, dorvalentina9@gmail.com

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию систем мониторинга экологических параметров воздуха с акцентом на применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассматриваются ключевые функциональные, конструктивные и интерфейсные требования к системам мониторинга, что позволяет определить основные критерии для их эффективности и надежности. Особое внимание уделяется использованию различных типов датчиков, необходимых для точного измерения загрязняющих веществ и других экологических параметров.

Ключевые слова: мониторинг, экологические параметры, загрязнение воздуха, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), датчики, технологии мониторинга, экология, устойчивое развитие, управление рисками.

Abstract. This paper is devoted to the study of air environmental parameter monitoring systems with an emphasis on the use of unmanned aerial vehicles (UAVs). Key functional, design and interface requirements for monitoring systems are considered, which allows us to determine the main criteria for their efficiency and reliability. Particular attention is paid to the use of various types of sensors required for accurate measurement of pollutants and other environmental parameters.

Keywords: monitoring systems, environmental parameters, air pollution, unmanned aerial vehicles (UAVs), sensors, monitoring technologies, ecology, sustainable development, risk management.

Системы мониторинга представляют собой сложные комплексы технических и программных средств, предназначенные для постоянного или периодического сбора, обработки и анализа данных о состоянии окружающей среды. Эти системы играют критически важную роль в обеспечении экологической безопасности, поддержании здоровья населения и устойчивом развитии природных ресурсов. Они позволяют своевременно выявлять и предотвращать негативные воздействия на природу и здоровье человека, а также обеспечивать соблюдение экологических норм и стандартов. [1-3]

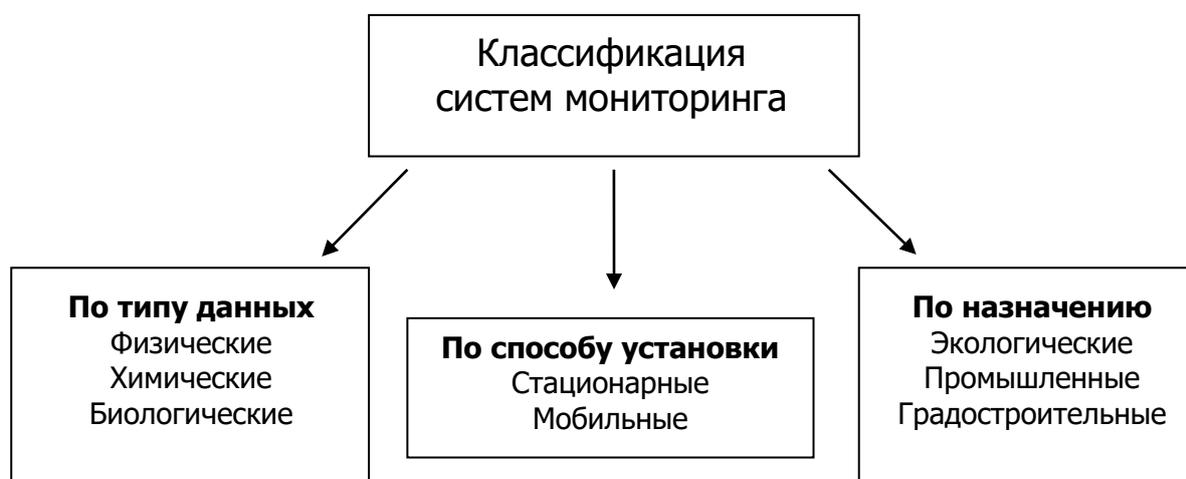


Рис.1.Классификация систем мониторинга

Системы мониторинга воздуха особенно актуальны в таких отраслях как промышленность, энергетика, сельское хозяйство и градостроительство. На заводах и фабриках происходит выброс различных загрязняющих веществ, таких как диоксид серы, оксиды азота и твердые частицы. Мониторинг этих выбросов позволяет контролировать их уровень и соблюдать экологические нормы, что крайне важно для здоровья работников и местного населения [4,5]. Энергетические установки, такие как тепловые и гидроэлектростанции, также являются значительными источниками загрязнения. Системы мониторинга позволяют отслеживать уровень выбросов и разрабатывать меры по их снижению [6,7]. В аграрном секторе применение пестицидов и удобрений может привести к загрязнению воздуха. Мониторинг качества воздуха в таких районах помогает минимизировать риски для здоровья людей и экосистем, а также повышает безопасность сельскохозяйственного производства [8,9]. В условиях растущей урбанизации контроль за качеством воздуха в городах становится все более важным. Системы мониторинга помогают выявлять загрязненные зоны и разрабатывать стратегии по улучшению качества воздуха, что особенно актуально в условиях высокой плотности населения и автомобильного движения [10,11].

Системы мониторинга в промышленности

Системы мониторинга в промышленности предназначены для контроля различных параметров, связанных с производственными процессами и состоянием окружающей среды. В зависимости от отрасли, методы мониторинга и измеряемые параметры могут значительно различаться.

В настоящее время широко используются несколько методов мониторинга. Непрерывный мониторинг используется для постоянного контроля параметров в режиме реального времени [12-15]. Он применяется, например, в системах контроля выбросов. В периодическом мониторинге данные собираются через определенные интервалы времени. Используется в случаях, когда непрерывный контроль не требуется [16,17]. Дистанционный мониторинг включает использование БПЛА, спутниковых технологий и других дистанционных методов для сбора данных [18-20].

К основным параметрам, которые измеряют системы мониторинга, относят физические параметры (температура, давление, влажность), химические параметры (концентрация загрязняющих веществ, например, CO, NO_x, SO₂), биологические параметры (наличие патогенных микроорганизмов и аллергенов).

Промышленное применение систем мониторинга экологических параметров воздуха

В автомобильной промышленности системы мониторинга используются для контроля выбросов от производственных процессов, а также для оценки качества воздуха в зонах, где происходит сборка и тестирование автомобилей [21,22]. Ключевые параметры, измеряемые конкретно в автомобильной промышленности: выбросы углерода (CO₂), оксиды азота (NO_x), твердые частицы (PM).

В пищевой промышленности системы мониторинга направлены на контроль качества воздуха в производственных помещениях, что необходимо для обеспечения безопасности продуктов питания [23,24]. Ключевые параметры: летучие органические соединения (ЛОС), бактериальная нагрузка, температура и влажность.

В электронной промышленности системы мониторинга необходимы для контроля за чистотой воздуха в чистых помещениях, где производится электроника [25,26]. Ключевые параметры: частицы пыли, ионные загрязнители, температура и влажность.

Основные требования к системам мониторинга

Системы мониторинга должны обеспечивать эффективное и надежное измерение, обработку и передачу данных о состоянии окружающей среды (рис. 2).

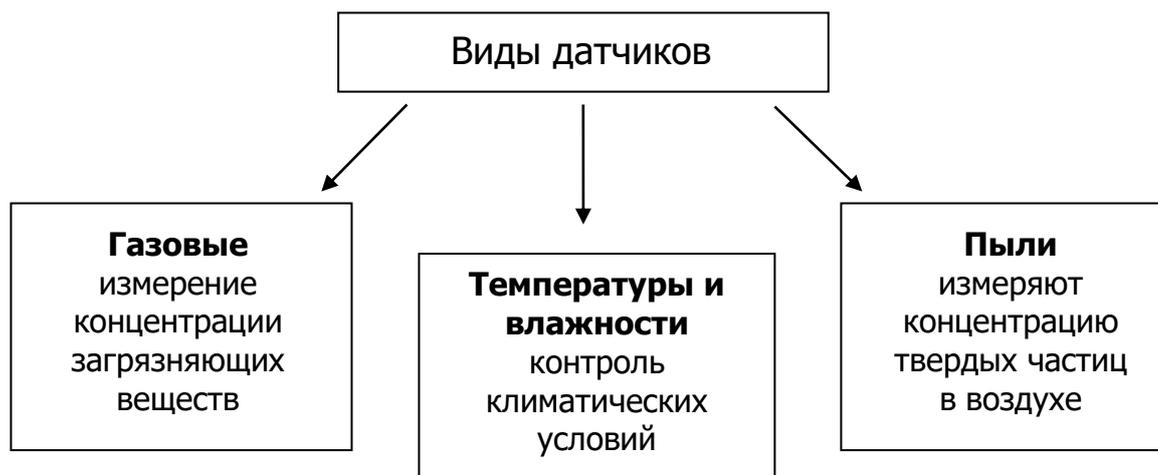


Рис. 2. Виды датчиков, предназначенных для мониторинга данных окружающей среды

Данные должны передаваться по надежным протоколам (например, MQTT, HTTP) для удаленного мониторинга и управления [27].

Конструктивные требования

Система мониторинга должна состоять из нескольких ключевых компонентов, которые обеспечивают ее функциональность:

Аппаратные компоненты:

- Датчики: Основные элементы системы, которые измеряют параметры окружающей среды.
- Контроллеры: Устройства, которые обрабатывают данные от датчиков и управляют их работой. Например, ПЛК (программируемые логические контроллеры).
- Системы хранения данных: Серверы или облачные решения для хранения и обработки больших объемов данных.
- Коммуникационные модули: Устройства, обеспечивающие связь между компонентами системы и внешними сетями (например, Wi-Fi, GSM).

Программное обеспечение:

- Программное обеспечение для сбора и обработки данных: Системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) или специализированные программные решения для мониторинга.
- Интерфейсы для визуализации данных: Программные платформы, которые представляют данные пользователю в удобном формате (графики, таблицы, отчеты).

Интерфейс системы мониторинга должен быть интуитивно понятным и удобным для пользователя. Данные должны быть представлены в виде графиков, диаграмм и таблиц, что позволяет быстро оценить состояние

параметров. Пользователь должен иметь возможность настраивать отображение данных и выбирать интересующие его параметры.

Для обработки данных используются аналитические инструменты, интерфейс должен включать функции для анализа данных, такие как фильтрация, сортировка и сравнение параметров. Возможность генерации отчетов и автоматических уведомлений о превышении допустимых норм.

Таким образом, основные требования к системам мониторинга включают функциональные, конструктивные и интерфейсные аспекты, которые обеспечивают их эффективность, надежность и удобство использования. Эти требования являются основой для разработки и внедрения современных систем мониторинга в различных отраслях промышленности.

Применение БПЛА в системах мониторинга

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся все более популярными в системах мониторинга экологических параметров воздуха благодаря своим уникальным возможностям и преимуществам [28, 29].

Доступ к труднодоступным районам, БПЛА могут легко достигать удаленных или опасных мест, где традиционные методы мониторинга затруднены. Дроны могут быть быстро развернуты для мониторинга в различных условиях и на разных территориях.

Современные БПЛА оснащены высококачественными датчиками, которые обеспечивают точные и надежные данные. БПЛА способны быстро охватывать большие площади, что позволяет оперативно получать информацию о состоянии окружающей среды.

Пример решения: БПЛА с датчиками

Одним из эффективных решений для мониторинга экологических параметров воздуха является дрон DJI Matrice 300 RTK, который может быть оснащен различными датчиками для измерения ключевых параметров.

DJI Matrice 300 RTK: это профессиональный дрон с высокой грузоподъемностью, который может работать в сложных условиях. Он оснащен системой RTK для точного позиционирования и может выполнять автоматизированные полеты.

Дрон может быть оснащен следующими датчиками для мониторинга экологических параметров:

- Газовые датчики:
MQ-135: измеряет концентрацию различных газов, таких как CO, NH₃, NO_x, и других вредных веществ.
- Датчики температуры и влажности:
DHT22: позволяет измерять температуру и влажность воздуха, что критически важно для оценки климатических условий.



Рис. 3. Внешний вид DJI Matrice 300 RTK [30]

- Датчики пыли:

GP2Y1010AU0F: измеряет уровень твердых частиц в воздухе, что позволяет производить мониторинг загрязнений.

Дрон может быть использован для:

- Мониторинга промышленных зон: Оценка выбросов от заводов и предприятий.
- Анализа качества воздуха: Измерение концентрации загрязняющих веществ в городских и сельских районах.
- Оценки последствий экологических катастроф: Быстрая оценка состояния окружающей среды после аварий или стихийных бедствий.

Применение БПЛА в системах мониторинга экологических параметров воздуха открывает новые возможности для повышения эффективности и точности контроля за состоянием окружающей среды. Использование дронов, таких как DJI Matrice 300 RTK, с соответствующими датчиками позволяет быстро и точно собирать данные о ключевых параметрах, что способствует более эффективному управлению экологическими рисками и соблюдению нормативных требований.

Заключение

Таким образом, интеграция современных технологий, таких как БПЛА, в системы мониторинга экологических параметров воздуха не только отвечает требованиям времени, но и открывает новые горизонты для повышения эффективности контроля за состоянием окружающей среды.

Эти системы обеспечивают возможность оперативного реагирования на изменения в экосистеме, что критически важно в условиях постоянного роста антропогенного воздействия на природу. Использование дронов с высококачественными датчиками способствует более глубокому пониманию экологических процессов и позволяет принимать более обоснованные решения в области охраны окружающей среды и управления экологическими рисками.

В результате, применение БПЛА в системах мониторинга представляет собой перспективное направление, которое может значительно улучшить качество и скорость сбора данных, а также повысить уровень информированности и ответственности общества в вопросах экологии.

Литература

1. Науменко А.П., Кудрявцева И.С. Теория и методы мониторинга и диагностики технических систем: учебное пособие / 2-е изд., испр. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 204 с. : ил.,табл.
2. Ашихмина Т.Я. Методы экологического мониторинга окружающей среды: учебно-методическое пособие / Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 372 с. : ил., табл.
3. Марченко Б.И. Методология аналитических исследований при мониторинге окружающей среды: учебное пособие / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. – 157 с.
4. СанПиН 1.2.2353–08. Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности. – Москва: Минздрав России, 1978. – 177 с.
5. Источники загрязнения среды обитания [Электронный ресурс]. – URL: <http://libraryno.ru/8-1-osnovnye-istochniki-shuma-izso> (Дата обращения 18.02.25).
6. Машиностроение в России и его вредные производства, влияющие на экологию [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenologia.ru/eko-problemy/mashinostroenie/mashinostroenie-v-rossii.html> (Дата обращения 18.02.25)
7. Жиганков Д.В. СОВРЕМЕННЫЕ ФОРМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ И ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ // Вестник науки №9 (66) том 1. С. 59 - 63. 2023 г. ISSN 2712-8849 // Электронный ресурс: <https://www.вестник-науки.pf/article/9898> (дата обращения: 18.02.2025 г.)
8. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – Москва : ГУ НИИ медицины труда РАМН, 2005. – 130 с.
9. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к

- воздуху рабочей зоны. – Москва : Госстандарт СССР : Издательство стандартов, 1988. – 44 с.
10. Сотникова М.В., Демьянова В.С., Дярькин Р.А., Канеева А.Ш. Анализ и прогнозирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортного комплекса // Экология и Промышленность России. 2008. №7. С. 29-31.
 11. Подлипенская Л.Е., Топалова С.В., Алферова М.А. Оценка состояния загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом в г. Керчь // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2016. №1(11). С. 100-104.
 12. Апкин Р.Н., Минакова Е.А. Экологический мониторинг: учебное пособие / Р.Н. Апкин, Е.А. Минакова. – 3-е изд., испр. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 127 с.
 13. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е.В. Веницианов [и др.]; под ред. Е.А. Заика. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. – 252 с.
 14. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие / сост.: И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
 15. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду: учебное пособие / А.Ю. Опекунов. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 261 с.
 16. Биоиндикация наземных экосистем / Э. Вайнерт [и др.]; под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир. – 1988. – 348 с.
 17. Израэль Ю.А. Концепция мониторинга биосферы / Ю.А. Израэль // Мониторинг состояния окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 10–25.
 18. Биненко В.И., Донченко В.К., Андреев В.Л., Иванов Р.В. Некоторые результаты и перспективы использования беспилотных летательных аппаратов для задач экологического мониторинга // Экологическая химия, 2001, № 1, 21-31.
 19. Ганин С.М., Карпенко А.В., Колмагоров В.В., Петров Г.Ф. Беспилотные летательные аппараты, сер. «Вооружения и военная техника» // Невский бастион, 1999. – 160 с.
 20. Биненко В.И., Донченко В.К., Андреев В.Л., Иванов Р.В., Авдеев В.П., Гадаулин В.М. О возможности использования дистанционно пилотируемых аппаратов (ДПЛА) для задач экологического мониторинга окружающей среды. – В кн.: Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Док 4-й Всеросс. научно-практич. конф., Санкт-Петербург, 1999, т. 2, с. 450- 459.
 21. Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и транспорт. М.: Транспорт, 1987. 206 с.

22. Санник А.О. Комплексная оценка влияния динамических характеристик автотранспортного потока на уровень загрязнения окружающей среды города: дис.. канд. техн. наук. Тюмень, 2005. 130 с.
23. Клим, О. В. Приборы и методы контроля качества продукции на предприятиях ТЭК, нефтехимической и пищевой промышленности : учебное пособие / О. В. Клим. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2012. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/43474> (дата обращения: 18.02.2025).
24. Деревеньков, И. А. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Разработка и применение системы НАССР : учебное пособие / И. А. Деревеньков, Т. Е. Никифорова. — Иваново : ИГХТУ, 2019. — 100 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171812> (дата обращения: 18.02.2025).
25. Нурилов И. М. Методологические вопросы организации мониторинга развития высокотехнологичных предприятий // Управление экономическими системами. 2011. №. 32. С. 19–30.
26. Чупров С. В., Бондарев А. Е. Методологические принципы разработки и проведения мониторинга регионального социально-экономического развития // Известия БГУ. 2013. №1. С. 133–139.
27. Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. — Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. — 188 с.
28. Мещерин Д. Л. Основные аспекты применения беспилотных летательных аппаратов в настоящее время / Д. Л. Мещерин, М. А. Шоков, А. С. Истюнькин. — Текст : электронный // Матрица научного познания. — 2022. — № 12-1. — С. 31-35
29. Сазонова Е. А. Тенденции использования беспилотников в России / Е. А. Сазонова. — Текст : электронный // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. — Красноярск : КрасГАУ, 2022. — С. 256-258
30. Официальный сайт DJI URL: 30. <https://www.dji.com/ru/products/drones>, (дата обращения: 18.02.2025).