

нескольким входным факторам различной физической природы. Выбор материала полупроводника, типа глубокой примеси и ее концентрации позволяют создавать фотоприемники и измерительные преобразователи с заданными функциональными свойствами и характеристиками преобразования.

Литература

1. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями / О. К. Гусев [и др.]; под общ. ред. О. К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.
2. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R. I. Vorobey [et al.] // Devices and Method of Measurements, – 2021, №2. – Pp. 108–116

3. Бурункова, Ю.Э. Сенсорные системы и материалы / Ю. Э. Бурункова, Е. О. Самуйлова, – СПб: Университет ИТМО, 2023. – 117 с.

4. Многопараметрические измерительные преобразователи систем оптической диагностики на основе функциональных датчиков / Р. И. Воробей [и др.] // Не разрушающий контроль и диагностика – 2023, № 1. – С. 37–45.

5. Масол, И. В. Информационные нанотехнологии / И. В. Масол, В. И. Осинский, О. Т. Сергеев. – Киев: изд-во Макрос, 2011. – 560 с.

6. Управление характеристиками фотоэлектрических преобразователей на основе полупроводников с многозарядной примесью / Воробей Р.И. [и др.] // Приборостроение: материалы 16 МНТК, Минск, 17–19 ноября 2023 г. / БНТУ. – Минск, 2023. – С. 39–40.

УДК 538.911; 538.958; 548.4; 620.3

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫМИ СЕНСОРНЫМИ СИСТЕМАМИ

Филатов С. А.¹, Гайкевич Д. Н.²

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси

²Белорусский Национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе рассматриваются технологические основы и ключевые аспекты применения адаптивных технологий применительно к распределенным сенсорным системам мониторинга и оценки экологических параметров окружающей среды с использованием Интернета вещей (IoT).

Ключевые слова: сенсор, адаптивное управление, Arduino

ADAPTIVE CONTROL OF MICROPROCESSOR SENSOR SYSTEMS

Filatov S.¹, Gaikovich D.²,

¹A. V. Lykov Institute of Heat and Mass Transfer NAS of Belarus

²Belarusian National Technical University

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper discusses the technological foundations and key aspects of the application of adaptive technologies in relation to distributed sensor systems for monitoring and assessing environmental parameters using the Internet of Things (IoT).

Keywords: sensor, adaptive control, Arduino

Адрес для переписки: Филатов С.А. П., ИТМО НАН Беларуси, Бровки, 15, г.Минск, 220072, Республика Беларусь e-mail: fil@hmti.ac.by

Современные сенсорные системы анализа окружающей среды представляют собой высокотехнологичные устройства и платформы, которые используются для мониторинга и оценки различных экологических параметров. Наиболее распространенными типами таких систем являются атмосферные сенсоры, которые измеряют параметры воздуха, такие как уровень загрязняющих веществ (например, диоксид углерода, монооксид углерода, озон, частицы PM10 и PM2.5), влажность, температуру и давление. Также широко используются сенсоры контроля качества воды, которые применяются для контроля водных источников и систем водоснабжения, позволяя измерять pH, уровень растворенного кислорода, мутность и концентрацию химических веществ. По

мере развития прецизионного земледелия растет интерес к сенсорам почвы, которые оценивают свойства почвы, включая влажность, температуру, содержание питательных веществ и уровень загрязнения и к сенсорам для мониторинга биоразнообразия, которые используют методы, такие как акустическое зондирование или фото и видеокамеры с системой распознавания, для оценки состояния экосистем и видовое разнообразие.

Технологической основой для развития многоэлементных распределенных сенсорных систем является Интернет вещей (IoT): многие сенсорные системы интегрируются с IoT, что позволяет собирать, передавать и анализировать данные в реальном времени через интернет. Так как объем анализируемых данных многократно растет при

использовании микро- и наноразмерных датчиков для анализа данных используются методы анализа больших данных – используются алгоритмы машинного обучения и аналитические платформы для обработки больших объемов данных, получаемых от сенсоров, что позволяет выявлять паттерны и делать прогноза. Данные с сенсоров часто хранятся в облачных системах, что обеспечивает легкий доступ к информации и возможность обработки данных с помощью мощных вычислительных ресурсов.

Сенсорные системы широко применяются для мониторинга загрязнения и создания систем раннего предупреждения. Сенсорные системы помогают контролировать уровень загрязнения воздуха и воды, что позволяет принимать меры для улучшения экологии и развития устойчивого сельского хозяйства. Сенсорные системы помогают оптимизировать использование ресурсов, таких как вода и удобрения, что способствует устойчивому производству сельскохозяйственных продуктов. Кроме того они используются для оценки воздействия на окружающую среду и планирования застройки, а также для управления природными ресурсами.

Адаптивное управление сенсорными системами – это новый подход к управлению, который позволяет системам управления автоматически подстраиваться под изменяющиеся условия окружающей среды или задачи, используя данные, собранные с помощью сенсоров. Этот метод особенно полезен в областях, где внешние условия могут варьироваться, и нужно обеспечивать высокую точность и эффективность работы систем [1, 2].

Ключевые аспекты адаптивного управления сенсорными системами:

- сбор данных о состоянии окружающей среды или объекта, который необходимо контролировать. Это может включать параметры, такие как температура, давление, положение, скорость и другие величины.

- анализ данных: полученные данные обрабатываются с использованием различных алгоритмов, включая статистические методы и методы машинного обучения для оценки текущего состояния системы и выявления аномалии.

- адаптация: на основе анализа данных система принимает решения о необходимости изменения параметров управления.

- обратная связь: адаптивное управление часто включает в себя механизм обратной связи, который позволяет системе вести мониторинг эффективности своих действий и вносить изменения в реальном времени.

Примером реализации таких подходов является адаптивное управление сенсорными системами анализа качества воздуха с использованием Arduino, реализующее алгоритмы, которые могут

изменять параметры в зависимости от внешних условий или изменений в окружении. Это позволяет системе более эффективно реагировать на различные входные данные и улучшать производительность. Важным аспектом является взаимодействие с различными сенсорными модулями и обработка получаемых данных для принятия решений. Разработанный комплекс предназначен для анализа состава воздуха по содержанию CO, CO₂, NO₂, NH₃, SO₂, H₂S, O₃ и запыленности воздуха с помощью специализированных газовых сенсоров на основе металлооксидных проводников (MOS). типа MQ. Комплекс может быть использован для оценки чувствительности газовых сенсоров, долговременной стабильности и исследования переходных характеристик газовых сенсоров, а также для изучения принципов Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 1. Принципиальная электрическая схема датчика типа MQ приведена на рисунке 2. Аналоговый сигнал с каждого из газовых сенсоров поступает на входы аналого-цифрового преобразователя (10 бит) и с помощью модуля Arduino UNO R3 передается в регистрирующий персональный компьютер для регистрации и отображения уровня сигнала сенсора, концентрации определяемого газа (ppm) и временной информации.



Рисунок 1 – Общий вид установки для анализа состава воздуха по содержанию CO, CO₂, NO₂, NH₃, SO₂, H₂S, O₃ и запыленности воздуха

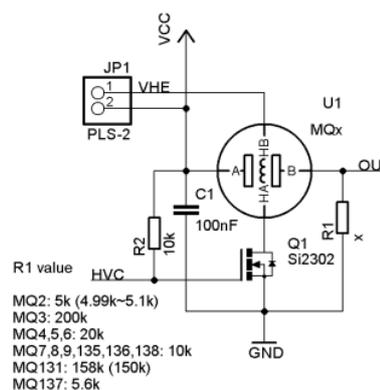


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема датчика типа MQ

С целью обеспечения возможности адаптации к условиям измерений комплекс используется принудительное управление скоростью потока воздуха и измерения температуры и влажности

воздуха, как основных параметров влияющих на воспроизводимость измерений и чувствительность газовых сенсоров (минимальная обнаруживаемая концентрация не менее 200 ppm H₂ или 100 ppm для бутана при комнатной температуре).

Преимущества адаптивного управления включают повышение точности, эффективности и надежности систем, а также способность быстро реагировать на изменения в условиях работы. Применение адаптивного управления позволяет увеличить автономность сенсорных систем, которые могут работать в удаленных или труднодоступных местах без

необходимости в частом обслуживании. Адаптивное управление упрощает интеграцию с системами управления и принятия решений.

Литература

1. Zhao, Liang. Efficient Monitoring and Adaptive Control of Indoor Air Quality Based on IoT Technology and Fuzzy Inference / Liang Zhao [et al.] // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2022.
2. Saini, J. Indoor Air Quality Monitoring Systems Based on Internet of Things: A Systematic Review / J. Saini, M. Dutta, G. Marques // Int J Environ Res Public Health. – 2020. – № 17(14). – P. 4942.

УДК: 681.7

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Шилин А. А.¹, Журавлев И. С.¹, Киль И. А.¹

¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация

Аннотация. Целью данного исследования является оценить целесообразность применения различных типов тепловизионных каналов в составе беспилотных авиационных систем в зависимости от их дальности действия.
Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, тепловизионные каналы.

ASSESSMENT OF THE APPLICABILITY OF THERMAL IMAGING CHANNELS OF VARIOUS TYPES FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

Shilin A.¹, Zhuravlev I.¹ Kil I.¹,

¹Tula State University
Tula, Russian Federation

Abstract. The purpose of this study is to assess the feasibility of using various types of thermal imaging channels as part of unmanned aircraft system depending on their recognition range.

Key words: thermal imager, UAS, recognition distance.

Адрес для переписки: Журавлев И. С., пр. Ленина, 92, г. Тула 300600, Российская Федерация
e-mail: info@tsu.tula.ru

В настоящее время беспилотные авиационные системы (БАС) активно применяются в различных отраслях промышленности.

Актуальность применения БАС обусловлена несколькими ключевыми факторами:

- снижение рисков для попадания в труднодоступные места;
- непрерывное наблюдение;
- гибкость и мобильность применения.

Для обеспечения непрерывного наблюдения и сбора информации БАС оснащены системами технического зрения, которые обеспечивают наблюдение в различных спектральных диапазонах.

Для обеспечения круглосуточной работы широко применяются тепловизионные приборы наблюдения.

Проблемой всех оптических приборов является то, что при увеличении фокусного расстояния и дальности распознавания увеличивается масса прибора и его габариты, которые ограничены полезной нагрузкой БАС.

Целью данного исследования является оценить целесообразность применения различных типов тепловизионных каналов в привязке к их дальности действия и массе.

Тепловизионные каналы бывают двух видов: с охлаждаемым приемником излучения и неохлаждаемым.

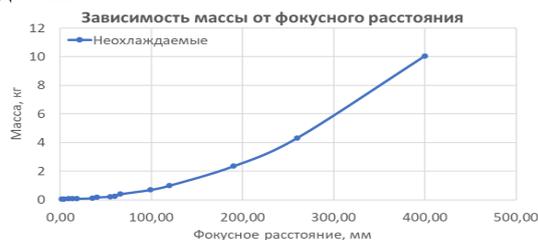


Рисунок 1 – Зависимость массы от фокусного расстояния у неохлаждаемых тепловизионных каналов



Рисунок 2 – Зависимость массы от фокусного расстояния у охлаждаемых тепловизионных каналов