

ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ: МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Короб Г. С., Квартальный А. С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Савилова Ю. И. – к. т. н., доцент

Аннотация. В данной работе будут рассмотрены оптические датчики для измерения концентраций газов в промышленных процессах. Данное исследование демонстрирует перспективность оптических методов для мониторинга газовых сред в реальном времени.

Ключевые слова: Оптические газовые датчики, концентрация газов, Инфракрасная абсорбционная спектроскопия, лазерная спектроскопия, флуоресцентные методы, промышленный мониторинг, промышленный интернет вещей.

Введение. Контроль концентрации газов в промышленных процессах играет ключевую роль в экологической стабильности, производственных циклах и обеспечении безопасности. Современные нормативы, такие как предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, требуют применения высокоточных и оперативных методов анализа. Традиционные методы газового анализа обладают рядом ограничений: необходимостью частой калибровки, низким быстродействием, малой чувствительностью, низкой селективностью по газам [1]. В свою очередь, оптические датчики, основанные на принципе спектрального поглощения, свободны от указанных недостатков. Охватывает последние достижения в области волоконно-оптических и лазерных датчиков, а также перспективы интеграции искусственного интеллекта для обработки спектральных данных.

Основная часть. Существует множество методов оптического измерения концентрации газов, основные из них:

1 Инфракрасная абсорбционная спектроскопия. Метод основывается на фиксировании спектральных линий, поглощаемых образцом, основываясь на переход между колебательными и вращательными уровнями энергии молекул [2]. Используется для детектирования CO_2 , CH_4 , CO в промышленных процессах [3].

2 Лазерная спектроскопия. Метод основывается на использовании лазеров с узкой спектральной линией для высокочувствительных измерений. Выделяется высокой чувствительностью и возможностью измерения в реальном времени.

3 Фотометрические и флуоресцентные методы. Они заключаются в измерении рассеяния света при взаимодействии с газом [4]. Например, флуоресцентные датчики O_2 используют тушение флуоресценции кислородом.

Оптические газовые датчики нашли широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря своей высокой точности, надежности и способности работать в сложных производственных условиях. В металлургической отрасли они используются для непрерывного контроля состава технологических газов в доменных и мартеновских печах, позволяя оптимизировать процесс выплавки металлов и снижать выбросы вредных веществ. Особое значение имеет мониторинг концентрации CO и CO_2 в коксовых газах, где традиционные методы часто дают погрешности из-за высокой температуры и запыленности среды. В нефтехимической промышленности оптические датчики применяются для обнаружения утечек метана на магистральных трубопроводах, контроля содержания сероводорода на установках переработки нефти и мониторинга выбросов на предприятиях нефтехимического комплекса. Энергетическая отрасль использует эти технологии для измерения концентрации CO_2 на угольных электростанциях, контроля выбросов газовых турбин и мониторинга элегаза в высоковольтном оборудовании. В последние годы появились инновационные решения, такие как беспилотные системы мониторинга с лазерными сканерами LiDAR, мобильные лаборатории с квантовыми каскадными лазерами и встраиваемые оптоволоконные сенсоры для систем автоматизированного управления технологическими процессами [5]. Эти разработки позволяют создавать распределенные сети контроля газового состава, охватывающие всю территорию промышленных предприятий и обеспечивающие

мгновенное обнаружение опасных концентраций токсичных или взрывоопасных веществ. Особенно перспективным направлением является интеграция оптических датчиков с системами промышленного интернета вещей (IoT), что открывает новые возможности для прогнозной аналитики и превентивного управления экологической безопасностью производств [6].

В сравнении с другими датчиками, оптические имеют более высокую селективность и долговечность. Например, электрохимические датчики помимо упомянутых недостатков имеют возможность течи электролита на границе металл – пластиковый корпус при термо ударе или длительной работе, возможность испарения электролита через ГДМ [7].

Заключение. Таким образом оптические методы газового анализа обладают существенными преимуществами по сравнению с традиционными технологиями. Дальнейшее развитие таких датчиков будет связано с развитием промышленности и ужесточением экологических нормативов. Благодаря внедрению интеллектуальных систем мониторинга на основе оптических датчиков значительно повысится безопасность и эффективность промышленных процессов.

Список литературы

1. Виглеб Г. Датчики, устройства и применение. // Пер. с нем. М.: Мир, 1989. 196 с.
2. Тюрикова Екатерина Павловна, Кустикова Марина Александровна, Быковская Елена Александровна метод спектроскопии комбинационного рассеяния в анализе хладагентов, классифицированных как озоноразрушающие вещества // вестник мах. 2021.
3. EPA Method 320 – Measurement of Vapor Phase Organic and Inorganic Emissions by Extractive Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. // U.S. EPA, 2012.
4. Черкес Наталья Сергеевна Сравнительный анализ методик выполнения измерений фталевого ангидрида в промышленных выбросах // Вестник ВГТУ. 2013.
5. Филиппов М. А. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕХНОЛОГИИ LiDAR // Символ науки. 2023.
6. Жмудь Вадим Аркадьевич, Ляпидевский Александр Валерьевич, Аврамчук Валерий Степанович, Стукач Олег Владимирович, Рот Губерт ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ: ВОЗМОЖНЫЕ БАРЬЕРЫ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ // Автоматика и программная инженерия. 2019.
7. Никольская Е. Ю. Портативные электрохимические сенсоры для газового анализа современное состояние вопроса в Европе и Америке // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2004.

OPTICAL SENSORS: METHODS OF MEASURING GASES CONCENTRATIONS IN INDUSTRIAL PROCESSES

Korob G. S., Kvartalny A. S

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Savilova J. I. – Cand. of Sci., associate professor of the Department of Physics

Annotation. This paper will consider optical sensors for measuring gas concentrations in industrial processes. This study demonstrates the promise of optical methods for real-time monitoring of gas media.

Keywords: Optical gas sensors, gas concentration, Infrared absorption spectroscopy, laser spectroscopy, fluorescent methods, industrial monitoring, industrial internet of things.