

**Долгих В. П., Филатова Н. А., Рыбалка С. В., Бачинская Н. А.*

Донбасский государственный технический университет

E-mail: geocolab@dstu.education

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Дана сравнительная характеристика средств измерения, которые применяются для контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Установлено, что в настоящее время распространение получили автоматические и ручные газоанализаторы. Приборы автоматического типа осуществляют непрерывное измерение физических и/или физико-химических характеристик смесей газа или их отдельных компонентов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, выбросы вредных и загрязняющих веществ, газоанализатор, пробоотборник.

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

Постановка проблемы, обоснование ее актуальности. Атмосферный воздух является неотъемлемой частью среды обитания всего живого. От его качества зависит здоровье населения, а также состояние растительного и животного мира. Несмотря на всеобщее понимание важности сохранения чистого воздуха, концентрация в нем загрязняющих примесей постоянно увеличивается. К этому приводит производственная деятельность промышленных предприятий, значительное количество транспортных средств, неблагоприятные метеорологические условия, которые выражаются в нарушении естественных способов самоочистки воздуха [1].

При рассмотрении выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу следует отметить, что они представляют собой в основном летучие газообразные химически активные вещества. Как показывают многочисленные результаты экологических исследований, бесконтрольная деятельность промышленных предприятий, бытовых котельных, а также продукты сгорания топлива транспортных средств, которые ежедневно выбрасывают в приземный слой атмосферы огромное количество ядовитых выхлопов, приводит к перманентно растущему уровню углекислого газа.

В связи с этим, **целью** настоящей работы является выявление особенностей применения средств измерения, которые используются для получения объективной информации о состоянии и уровне загрязнения воздушной среды.

Объект исследования — газоанализаторы, которые применяются для контроля загрязнения среды газо- и парообразными вредными веществами.

Предмет исследования — принципы измерения физических и/или физико-химических характеристик смесей газа в атмосферном воздухе.

Задачи исследования:

- анализ известных конструкций газоанализаторов;
- описание особенностей применения пробоотборников.

Методы исследования. С целью получения объективной информации о состоянии и существующем уровне загрязнения воздушной среды необходимо располагать надежными и современными методами анализа. К газоанализаторам, которые используются для контроля загрязнения среды газо- и парообразными вредными веществами, предъявляются следующие требования:

- селективность и точность определения;
- пределы обнаружения;

- чувствительность определения;
- воспроизводимость получаемых результатов;
- экспрессность выполнения анализа.

Конструкция типового газоанализатора представляет собой прибор, который предназначен для качественного и количественного определения состава и концентрации газов в воздухе, жидкостях или твердых телах. История его создания неразрывно связана с развитием химических, физических и других наук, а также с потребностями различных отраслей промышленности и общества в целом.

При ретроспективном взгляде на газоанализаторы следует отметить, что первая конструкция принадлежит английскому физика Гемфри Дэви. Его изобретение (лампа Дэви) использовалось с 1815 года при добыче полезных ископаемых (рис. 1).

Принцип работы данного устройства заключался в том, чтобы сигнализировать о наличии в окружающей атмосфере горючих рудничных газов. При работе лампы Дэви наблюдается неравномерное горение, сопровождающееся вспышками и хлопками. Изменение стабильного режима горения объясняется тем, что корпус из металлической сетки поглощает тепловую энергию прилегающих к нему слоев газа. Из-за этого температура газообразной смеси ниже температуры самовоспламенения. В случае, когда в окружающей атмосфере наблюдается присутствие горючего газа (ГГ), вокруг пламени устройства формируется сияние голубого цвета (ореол). Явление объясняется тем, что количества газа, содержащегося в воздухе, недостаточно для воспламенения общей массы горючей смеси, но достаточно для горения вблизи пламени лампы. При значительной концентрации ГГ и при проникновении его внутрь металлической сетки наблюдается микровзрыв, и лампа гаснет [2].

В связи с тем, что лампы Дэви стоили дорого и имели непродолжительный ресурс, рудничные компании ведущих стран мира использовали в качестве индикатора рудничного газа обычных канареек (рис. 2).



Рисунок 1 — Первый в истории газоанализатор (лампа Дэви)



Рисунок 2 — Практическая реализация индикатора рудничного газа — канарейка

Птицы весьма чувствительны к газообразным средам, в том числе к таким, в которых концентрация метана или угарного газа даже незначительно превышает допустимые нормы. Сигналом к тому, что необходимо прекращать ведение работ, служили признаки беспокойства канареек. Такие изменения у птиц свидетельствовали о повышении уровня загазованности

воздуха в выработке. При доступе свежего воздуха канарейки возвращались к нормальному состоянию. Усовершенствование клеток путем их герметичного закрытия и дополнительной подачи кислорода позволяло сохранять жизнь птицам. На протяжении нескольких веков британским горным законодательством регламентировалось обязательное наличие канареек при добычных работах. Такой способ обнаружения изменений в газообразной среде просуществовал до 1986 года, а соответствующая статья оставалась без изменений в британских правилах безопасности ведения горных работ до 1995 года.

Следующим технологическим шагом на пути количественного определения горючих газов в атмосфере стало использование специально сконструированных индикаторных ламп. С их помощью удавалось обнаружить очаги горючих газов в воздухе по величине ореола, для которого составлена специальная эмпирическая шкала. В отдельных случаях для улучшения чувствительности пламени в спирт, который был основой для топлива, добавляли хлорную медь. Известна спиртовая лампа Пилера, которая обнаруживала незначительные содержания горючего газа в воздухе (до 3 % объемных долей ГГ). При появлении более высоких концентраций газа устройство сильно раскаляется, тем самым нарушаются условия ее горения, и становится сложнее своевременно реагировать на изменение состава воздуха. По этой же причине прибор характеризуется как опасный для применения. В качестве альтернативы, но с похожими принципами, использовалась лампа Шено. В ней была заложена идея прекращения горения при наличии большого содержания горючего газа вблизи прибора [2].

Инженеры-проектировщики и научные сотрудники продолжают усовершенствовать конструкции и принципы работы газоанализаторов. В настоящее время для контроля качества и диагностики различных процессов в газообразной среде ши-

рокое распространение получили стационарные и переносные газоанализаторы. Приборы нашли применение для тех случаев, когда требуется выполнять постоянные и частые периодические измерения концентрации ЗВ и кислорода. Данная процедура весьма актуальна для организаций с необходимостью технологического контроля за производственными процессами на промышленных участках предприятий, где требуется поддерживать заданный уровень состава воздушной среды. Принцип их работы заключается в обнаружении и определении количества веществ в атмосфере анализируемой зоны, которые подсвечиваются в инфракрасном диапазоне спектра. При анализе учитывается фоновое излучение, испускаемое предметом, температура которого выше абсолютного нуля. В случае, когда фоновый объект имеет температуру ниже температуры газообразной смеси, образуется эмиссионный спектр (ИК-излучение). В противном случае формируется абсорбционный спектр (ИК-поглощение). Точность определения определяется погрешностью применяемого устройства, разностью температур между фоновыми объектами и конкретными газообразными средами, расстоянием между контролируемой зоной и спектрометрическим газоанализатором, погодными условиями и т. п. [3].

В современных условиях перед представителями российского сектора экономики и промышленности ставится задача импортозамещения продукции зарубежных производителей. Анализ укомплектованности организаций на начало 2022 года показывает, что иностранным компаниям принадлежит более 71 % рынка газоанализаторов. С ухудшением товарных отношений с зарубежными брендами наблюдается их уход и появляется возможность занять эту нишу отечественными производителями.

Понимая важность развития точного приборостроения, растет число заинтересованных российских организаций, разрабатываются полнофункциональные аналити-

ческие комплексы и системы для контроля технологических параметров, мониторинга промышленных выбросов и состояния воздуха рабочей зоны на предприятиях. Возникшие возможности позволяют достичь необходимого уровня технологической независимости и поддержать отрасли, нуждающиеся в данном оборудовании.

К преимуществам создания отечественных газоанализаторов следует отнести:

- ориентированность на потребности российского производства и законодательства;
- прозрачность условий при закупке оборудования;
- частичную или полную независимость от зарубежных комплектующих;
- возможность воспитания плеяды отечественных ученых, проектировщиков и специалистов-конструкторов;
- создание благоприятного имиджа государства, которое может предлагать свои услуги заинтересованным дружественным странам;
- создание серийных производств с собственными сервисными центрами;
- доступную стоимость изделий;
- выполнение монтажно-демонтажных работ, обучение персонала, доставку в течение короткого времени.

В качестве примера отечественного аспиратора, получившего широкое распространение для анализа воздушной среды, можно рассмотреть модель М 822. Несмотря на большую массу (8,5 кг) и низкую степень автоматизации, оборудование обеспечивает достаточную производительность при длительном отборе проб, а также имеет невысокую стоимость (рис. 3) [4].

В качестве надежного пробоотборника следует отметить модель ОП 442 ТЦ. Данная модификация предназначена для отбора проб воздуха и (или) газа с заданным объемным расходом (рис. 4) [5].

Пробоотборник соответствует всем требованиям пробоотборных средств:

- наличие нескольких источников питания, которые можно выбирать в зависимости от условий отбора проб;

– выбор программы отбора по времени и расходу воздуха;

– мобильность и возможность его размещения рядом с зоной отбора вследствие малых габаритов и массы;

– возможность использования поглогительных средств (концентрационные трубки с сорбентами, поглогительные сосуды, фильтры);

– точность задания и поддержания расходов отбираемых проб;

– высокий уровень автоматизации.

Технические характеристики стационарных пробоотборных средств приведены в таблице 1.



Рисунок 3 — Аспиратор М 822



Рисунок 4 — Пробоотборник ОП 442 ТЦ

Таблица 1

Технические характеристики стационарных российских пробоотборников

Характеристика	Электроаспиратор М 822	Пробоотборник ОП 442 ТЦ
Задание расхода газа в диапазоне	0,2–20 л/мин	0,2–20 л/мин
Диапазон измеряемых расходов 1, 2 каналов	0,2–1 л/мин	0,2–1 л/мин
3, 4 каналов	1–20 л/мин	5–20 л/мин
Предел основной приведенной погрешности задания расхода	$\pm 7 \%$	$\pm 5 \%$
Питание	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	130 Вт	50 Вт
Масса	8,5 кг	7,2 кг
Средний срок службы	5 лет	12 лет
Условия эксплуатации:		
Температура окружающего воздуха	+10° ... +35 °С	–10° ... +40 °С
Относительная влажность	до 80 %	до 98 %
Атмосферное давление	630 ... 800 мм рт. ст.	630 ... 800 мм рт. ст.

Другим видом газоанализаторов, получивших одобрение специалистов за компактность, мобильность и простоту использования, являются переносные или портативные пробоотборники. В отличие от стационарных аналогов, они обладают дополнительными возможностями:

- небольшое время на подготовку к работе;
- возможность выполнять изменения в широком диапазоне эксплуатационных характеристик.

С их помощью проводятся непрерывные, автоматизированные, прямые измерения концентрации ВВ и ЗВ. Область применения распространяется на рабочие зоны предприятий. Они применяются для определения дозвзрывоопасных концентраций ГГ и паров горючих жидкостей.

К основным достоинствам переносных портативных газоанализаторов следует отнести:

- низкую стоимость;
- высокую чувствительность сенсоров, что позволяет определять даже самые малые доли ВВ;
- возможность подключать электрохимические, термокаталитические или оптические сенсоры;
- быстрое действие микропроцессорного блока и наличие запоминающего устрой-

ства для записи результатов, времени и даты замеров;

- возможность его использования в качестве калибровочного устройства для стационарных газоанализаторов;
- выполнение замеров как качественно, так и количественного состава воздушной или газовой смеси;
- возможность комплексной оценки нескольких газов одновременно.

Примером представителей ряда портативных газоанализаторов является Геолан-1П. Пробоотборник относится к многофункциональным восстанавливаемым изделиям и применяется для выявления ВВ веществ в атмосферном воздухе (рис. 5) [6]. Алгоритм обнаружения загрязнений удовлетворяет требованиям ГОСТ 27540-87 «Сигнализаторы горючих газов и паров термохимические. Общие технические условия» [7].

Среди достоинств данного оборудования следует отметить:

- возможность одновременного измерения концентраций до 8 вредных и загрязняющих веществ в воздушной смеси;
- возможность измерения на уровне ПДКм.р. атмосферного воздуха и ПДКр.з. рабочей зоны;
- широкий спектр определяемых веществ, что согласуется с возможностью создания уникальных комбинаций датчиков;

- предусмотрена возможность дооснащения прибора дополнительными датчиками;
- поддержка всех современных единиц измерения ($\text{мг}/\text{м}^3$, % объемной доли, ppm).



Рисунок 5 — Газоанализатор Геолан-1П

Выводы и направление дальнейших исследований. Поскольку загрязнение атмосферного воздуха является проблемой для всего человечества, актуальной задачей остается качественная и количественная оценка содержания загрязнителей в воздухе. Для этого применяются газоанализаторы, конструкция которых постоянно улучшается, а возможности отвечают современным требованиям производств.

Дальнейшие исследования будут направлены на практическое применение газоанализаторов для оценки уровня загрязнения атмосферы и его влияния на водосборную территорию реки Белая (г. Алчевск, ЛНР).

Список источников

1. Об охране атмосферного воздуха : федер. закон от 04 мая 1999 г. № 402-ФЗ : принят Гос. Думой 02 апреля 1999 г. : одобрен Советом Федерации 22 апреля 1999 г. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/13789/page/1> (дата обращения: 20.08.2024).
2. Забаринский П. Стефенсон М. : Журнально-газетное объединение, 1937. (Жизнь замечательных людей). URL: <https://nice-books.net/books/dokumentalnye-knigi/biografii-i-memuary/48383-petr-zabarinskii-stefenson.html> (дата обращения: 01.08.2024).
3. Орлов В. Ю., Швыркова Н. С. Экологический мониторинг. Газоанализаторы для контроля загрязнения атмосферного воздуха : метод. указания / Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. Ярославль : ЯрГУ, 2009. 40 с.
4. Аспиратор для отбора проб воздуха. Модель 822 : техн. описание и инструкция по эксплуатации / М-во мед. пром-сти СССР. Гл. упр. мед. техники. Производ. объединение «Красногвардеец». Ленинград : [б. и.], 1967. 8 с.
5. Автоматический пробоотборник воздуха. Мод. «ОП» : руководство по эксплуатации. ИРМБ 418311.002. СПб. : [б. и.], 27 с.
6. ТУ 4215-001-69737582-2014. Газоанализатор «Геолан-1П» : руководство по эксплуатации. СДЦА 413214.001.000 РЭ. М. : [б. и.], 2014. 15 с.
7. ГОСТ 27540-87. Сигнализаторы горючих газов и паров термохимические. Общие технические условия. М. : Издательство стандартов, 1988. 34 с.

© Долгих В. П., Филатова Н. А., Рыбалка С. В., Бачинская Н. А.

**Рекомендована к печати к.х.н., зав. КМНИЛ ДонГТУ Смирновой И. В.,
начальником службы экологической безопасности и производственной санитарии
управления ОТ и ПБ ООО «ЮГМК» Красноносом Н. Н.**

Статья поступила в редакцию 24.03.2025.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгих Виталий Павлович, канд. техн. наук, руководитель Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, geoecolab@dstu.education

Филатова Наталья Александровна, младший научный сотрудник Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Рыбалка Светлана Викторовна, зав. Молодежной научно-исследовательской лабораторией геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Бачинская Наталья Александровна, инженер Молодежной научно-исследовательской лаборатории геоэкологии и прикладной химии
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

***Dolgikh V. P., Filatova N. A., Rybalka S. V., Bachinskaya N. A.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: geoecolab@dstu.education)

USE OF GAS ANALYZERS TO CONTROL AIR POLLUTANT EMISSIONS

A comparative analysis of measuring instruments used to monitor emissions of pollutants into the atmosphere has been performed. It has been established that automatic and manual gas analyzers are currently widespread. Automatic devices continuously measure the physical and/or physicochemical characteristics of gas mixtures or their individual components.

Key words: atmospheric air, emissions of harmful and polluting substances, gas analyzer, sampler.

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

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dolgikh Vitaliy Pavlovich, PhD in Engineering, Head of Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia,
e-mail: geoecolab@dstu.education

Filatova Nataliya Alexandrovna, Junior Researcher of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Rybalka Svetlana Viktorovna, Chief of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Bachinskaya Natalia Aleksandrovna, Engineer of the Youth Research Laboratory of Geoecology and Applied Chemistry
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia