

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ПРОБЛЕМЫ КОНТРОЛЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ВОЗДУХЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

О.В. Алексашина

Институт инженерной экологии и химического машиностроения
Московский государственный машиностроительный университет
Ярославское шоссе, д. 26, Москва, Россия, 129337

Контроль воздуха, анализ газовых сред — многоплановые задачи, решаемые в экологической сфере, в различных отраслях промышленности и в научных исследованиях. Для охраны воздушной среды от загрязнений необходим систематический контроль за ее состоянием. Такой контроль возможен лишь при наличии методов, обеспечивающих надежное определение токсичных веществ (достаточно избирательных, чувствительных, точных), доступных практическим лабораториям. Наряду с этим для получения сопоставимых результатов анализа необходимо использовать определенный метод при анализе конкретного вещества.

В статье приведен обзор современного состояния проблемы контроля вредных примесей в воздухе производственных помещений, методов газового анализа и газоаналитического оборудования, дана их классификация, описаны достоинства и недостатки, принципы работы газоанализаторов.

Ключевые слова: газовый анализ, газоанализаторы, микроконцентрации, чувствительный элемент, избирательность, токсичные вещества, пробоотбор, пробоподготовка, рабочая зона.

Производственная деятельность человека связана с использованием разнообразных природных ресурсов, в состав которых входит большое количество химических элементов. По оценке Всемирной организации здравоохранения, в практике используется порядка 500 тысяч химических соединений, из них около 40 тысяч обладают вредными для человека свойствами, а 12 тысяч являются токсичными.

В задачах охраны труда большинства промышленных предприятий основное место занимает вопрос контроля содержания тех или иных химических (как правило, токсичных) веществ. К веществам в воздухе рабочей зоны, оказывающим токсическое действие на организм, относят диоксид азота (NO_2), хлор (Cl_2), сероводород (H_2S), водород хлористый (HCl), аммиак (NH_3), озон (O_3), диоксид серы (SO_2) и др. [3].

Токсический эффект зависит не только от концентрации вещества, но и от времени его воздействия. В связи с этим особую актуальность приобретает проблема автоматического контроля малых количеств веществ в газовых выбросах и воздухе рабочей зоны. Так как производственная воздушная среда изменчива во времени и пространстве, при исследовании воздуха в производственном помещении нельзя ограничиваться однократным определением в нем ядовитых или вредных для здоровья веществ. Заключение об анализе воздуха может быть сделано лишь на основе повторных определений пробы воздуха с учетом полученной средней концентрации, а также пределов ее колебаний. Применение методов, связанных с длительным отбором проб и последующим анализом, исключает также возможность своевременной сигнализации об опасных концентрациях токсического вещества в воздухе. Оптимальным решением вопроса быстрого определения токсичных газов является применение автоматических газоанализаторов, устанавливаемых в зонах возможного выделения газов [2]. Необходимость определения малых концентраций вредного вещества в воздухе за короткий промежуток времени создает особые требования к автоматическим газоанализаторам. Газоанализатор, пригодный для решения указанных задач, должен отличаться высокой чувствительностью, точностью и избирательностью. Только в этом случае можно отбирать для анализа небольшие объемы воздуха и определять концентрации веществ, выделяющихся мгновенно, а также быстро решать вопрос о степени опасности и вредности условий, создавшихся в воздухе производственного помещения. Для решения этой проблемы наиболее перспективными являются автоматические газоанализаторы, принцип работы которых основан на фотоколориметрическом методе анализа.

Газовый анализ имеет первостепенное значение в производственных процессах многочисленных отраслей промышленности: в атомной и тепловой энергетике, металлургии черных и цветных металлов, специальной металлургии, коксохимическом производстве, газовой промышленности, нефтепереработке и нефтехимии. Газоизмерительный технический контроль рабочих зон в настоящее время необходим во всех отраслях промышленности. Везде, где нет специального персонала, осуществляющего газовый контроль, необходимо применение стационарных измерительных приборов или измерительных систем автоматического контроля. Эти приборы монтируются стационарно, определяются постоянные пункты контроля, и в случае аварии автоматически срабатывает система оповещения: подаются световые и/или звуковые сигналы тревоги, отключается производственное оборудование, включается вентиляция [1].

Обычные лабораторные методы анализа газов не могут удовлетворить потребности современного производства. Большинство технологических процессов требует быстрого анализа, непрерывного и автоматического контроля состава газовых смесей, требует приборов, которые могли бы использоваться в системах автоматического регулирования [5].

Задачи, решаемые с помощью газового анализа:

- контроль технологии производства газов и газовых смесей;
- входной контроль состава газов и газовых смесей при их применении;

— аналитическое обеспечение решения экологических и санитарных задач, а также задач поисковой геологии;

— контроль степени и состава газового насыщения жидкостей различной природы и назначения;

— контроль уровня и состава газосодержания твердых веществ и материалов при проведении научных исследований и в промышленных условиях.

Все эти задачи могут быть решены с помощью современных газоанализаторов. В подавляющем большинстве случаев задача анализа газа заключается в измерении концентрации одного определяемого компонента в сложной многокомпонентной газовой смеси. Такой анализ возможен только тогда, когда подлежащий определению компонент отличается от других компонентов газовой смеси, по крайней мере, каким-либо одним физико-химическим свойством, которое может быть использовано как измеряемая величина. Чем больше это отличие, тем точнее будет измерение, так как влияние свойств неопределяемых компонентов будет незначительным.

Газоанализаторы бывают ручного действия и автоматические. Среди первых наиболее распространены химические абсорбционные, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами.

Автоматические газоанализаторы измеряют какую-либо физическую или физико-химическую характеристику газовой смеси или ее отдельных компонентов [4]. По принципу действия они могут быть разделены на три основные группы:

1) приборы, действие которых основано на физических методах анализа, включающих вспомогательные химические реакции. При помощи таких газоанализаторов определяют изменение объема или давления газовой смеси в результате химических реакций ее отдельных компонентов;

2) приборы, действие которых основано на физических методах анализа, включающих вспомогательные физико-химические процессы (термохимические, электрохимические, фотоколориметрические и др.). Термохимические основаны на измерении теплового эффекта реакции каталитического окисления (горения) газа. Электрохимические позволяют определять концентрацию газа в смеси по значению электрической проводимости электролита, поглотившего этот газ. Фотоколориметрические основаны на изменении цвета определенных веществ, при их реакции с анализируемым компонентом газовой смеси;

3) приборы, действие которых основано на чисто физических методах анализа (термокондуктометрические, термомагнитные, оптические и др.). Термокондуктометрические основаны на измерении теплопроводности газов. Термомагнитные газоанализаторы применяют главным образом для определения концентрации кислорода, обладающего большой магнитной восприимчивостью. Оптические газоанализаторы основаны на измерении оптической плотности, спектров поглощения или спектров испускания газовой смеси.

Каждый из упомянутых методов имеет свои плюсы и минусы. Производителями газоанализаторов в настоящее время используются практически все из перечисленных методов газового анализа, но наибольшее распространение получили электрохимические газоанализаторы, как наиболее дешевые, универсальные

и простые. Минусы данного метода: невысокая избирательность и точность измерения; небольшой срок службы чувствительных элементов, подверженных влиянию агрессивных примесей.

Все приборы газового анализа также могут быть классифицированы [8]:

- по функциональным возможностям (индикаторы, течеискатели, сигнализаторы, газоанализаторы);
- конструктивному исполнению (стационарные, переносные, портативные);
- количеству измеряемых компонентов (однокомпонентные и многокомпонентные);
- количеству каналов измерения (одноканальные и многоканальные);
- назначению (для обеспечения безопасности работ, для контроля технологических процессов, для контроля промышленных выбросов, для контроля выхлопных газов автомобилей, для экологического контроля).

Классификация по функциональным возможностям

Индикаторы — это приборы, которые дают качественную оценку газовой смеси по наличию контролируемого компонента (по принципу «много — мало»). Как правило, отображают информацию посредством линейки из нескольких точечных индикаторов. Горят все индикаторы — компонента много, горит один — мало. Сюда же можно отнести и течеискатели. При помощи течеискателей, снабженных зондом или пробоотборником, можно локализовать место утечки из трубопровода, например, газа-хладагента.

Сигнализаторы также дают весьма приблизительную оценку концентрации контролируемого компонента, но при этом имеют один или несколько порогов сигнализации. При достижении концентрацией порогового значения, срабатывают элементы сигнализации (оптические индикаторы, звуковые устройства, коммутируются контакты реле).

Вершина эволюции приборов газового анализа — это непосредственно *газоанализаторы*. Данные приборы не только дают количественную оценку концентрации измеряемого компонента с индикацией показаний (по объему или по массе), но и могут быть снабжены любыми вспомогательными функциями: пороговыми устройствами, выходными аналоговыми или цифровыми сигналами, принтерами и т.д.

Классификация по конструктивному исполнению

Как и большинство контрольно-измерительных приборов, приборы газового анализа могут иметь разные массогабаритные показатели и режимы работы. Этими свойствами и обуславливается разделение приборов по исполнению. Тяжелые и громоздкие газоанализаторы, предназначенные, как правило, для длительной непрерывной работы, являются *стационарными*. Менее габаритные изделия, которые могут быть без особого труда перемещены с одного объекта на другой и достаточно просто запущены в работу, — *переносные*. Совсем маленькие и легкие — *портативные*.

Классификация по количеству измеряемых компонентов

Газоанализаторы могут быть сконструированы для анализа сразу нескольких компонентов. Анализ может производиться как одновременно по всем компонентам, так и поочередно, в зависимости от конструктивных особенностей прибора.

Классификация по количеству каналов измерения

Приборы газового анализа могут быть как одноканальными (один датчик или одна точка отбора пробы), так и многоканальными. Как правило, количество каналов измерения на один прибор бывает от 1 до 16. Современные модульные газоаналитические системы позволяют наращивать количество каналов измерения практически до бесконечности. Измеряемые компоненты для разных каналов могут быть как одинаковыми, так и различными, в произвольном наборе. Для газоанализаторов с датчиком проточного типа (термокондуктометрические, термомагнитные, оптико-абсорбционные) задача многоточечного контроля решается при помощи специальных вспомогательных устройств — газовых распределителей, которые обеспечивают поочередную подачу пробы к датчику из нескольких точек отбора.

Классификация по назначению

Исходя из технических возможностей, сегодня, к сожалению, невозможно создать один универсальный газоанализатор, с помощью которого можно бы было решать все задачи газового анализа (как невозможно, к примеру, сделать одну линейку для измерения и долей миллиметра, и десятков километров). Контроль разных газов, в разных диапазонах концентраций производится по-разному, посредством различных методов и способов измерения. Поэтому производителями конструируются и выпускаются приборы для решения конкретных задач измерения. Основные такие задачи: контроль атмосферы рабочей зоны (безопасность), контроль промышленных выбросов (экология), контроль технологических процессов (технология), контроль загрязнения атмосферы жилой зоны (экология), контроль выхлопных газов автомобилей (экология и технология), контроль выдыхаемого человеком воздуха (алкоголь). Отдельно можно назвать контроль газов в воде и других жидкостях [6]. Каждое из таких направлений имеет еще более специализированные группы приборов. Но если говорить в общем, то газоанализаторы можно разделить на три группы:

- 1) приборы для обеспечения безопасности;
- 2) приборы для контроля технологических процессов и промышленных выбросов;
- 3) приборы для контроля выхлопных газов ДВС.

При контроле технологических процессов и промышленных выбросов применяют стационарные газоанализаторы [7]. Основной задачей измерения концентрации газа является непрерывное, селективное и количественное обнаружение в любых газовых смесях определенного компонента и преобразование результата измерения в электрический стандартный сигнал. Этот сигнал может

подвергаться дальнейшей обработке, такой как регистрация, управление, регулировка или расчет. Компоненты газа измеряются на основании различных химико-физических или физических законов. Под селективностью понимается специфическое измерительное определение соответствующего компонента в пробе газа без воздействия попутных газов. Анализ газовых смесей с помощью непрерывно работающих измерительных инструментов является неотъемлемой частью промышленной измерительной техники. Использование непрерывно работающих газоанализаторов делает возможным выявление тенденций, контроль, регулировку и/или балансировку технологических процессов. Для решения проблемы защиты окружающей среды обязательным является измерительное обнаружение газообразных эмиссий. Другие типичные области применения для непрерывно работающих газоанализаторов: теплоэнергетика; биоустановки; контроль туннелей; холодильные установки; фрукто- и овощехранилища; измерение степени чистоты.

Многообразие измерительных задач интересующих газовых компонентов, наряду с выбором принципа измерения и диапазона измерений, требует также учета соответствующих условий эксплуатации и окружающей среды. При проектировании измерительной системы следует учитывать условия эксплуатации (например, давление, температура, влажность, загрязненность) и условия окружающей среды (температура окружающей среды, агрессивная атмосфера, вибрация, запыленность). Точность и надежность газоанализатора во многом определяется выбором оборудования для взятия пробы газа и устройства для подготовки пробы газа. В редких случаях взятая и подлежащая анализу проба газа из-за производственных условий находится в состоянии, пригодном для газоанализаторов. Высокое содержание пыли или влаги, высокая точка росы, слишком высокое или слишком низкое давление, слишком высокая температура или примесные компоненты могут повлиять на результат измерения и пригодность анализаторов. Поэтому решающее значение для пригодности результатов анализа, проведенного анализатором, имеет компоновка установки для анализа измерения газа. Определение места взятия пробы газа, использование надлежащих принадлежностей и их правильное расположение являются важными предпосылками для бесперебойной работы при низких расходах на техническое обслуживание. Соответствующая задачам подготовка пробы газа является условием ее точного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горелик Д.О., Конопелько Л.А., Панков Э.Д. Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы: учебник. В 2 т. Т. 2. СПб.: Крисмас+, 1998.
- [2] Перегуд Е.А., Гернет Е.В. Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Л.: Химия. 1976.
- [3] Свирюкова О.В. Контроль воздуха промышленных предприятий фотоколориметрическими газоанализаторами. Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 1 (41). 8 с. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (Февраль 2012).
- [4] Свирюкова О.В. Ленточные фотоколориметрические газоанализаторы // Мир измерений. 2012. № 4. С. 4 — 10.

- [5] *Свирюкова О.В., Панов И.В.* Оптические газоанализаторы на основе сорбционно-реагентного измерительного преобразования // *Приборы*. 2009. № 9 (111). С. 28—30.
- [6] *Свирюкова О.В., Рылов В.А., Латышенко К.П.* Перспективы совершенствования фотоколориметрических газоанализаторов // *Известия МГТУ «МАМИ»*. 2012. Т. 4. № 2 (14). С. 55—58.
- [7] *Свирюкова О.В.* Применение стационарных газоанализаторов при контроле технологических процессов и промышленных выбросов. Интеграция науки и образования в технических вузах нефтегазового профиля — фундамент подготовки специалистов будущего // *Сб. тр. межд. н.-метод. конф. Уфа: УГНТУ*, 2012. С. 196—198.
- [8] *Свирюкова О.В., Рылов В.А., Латышенко К.П.* Фотоколориметрический метод анализа воздуха промышленных предприятий // *Метрология*. 2012. № 3. С. 27—35.

PROBLEMS OF CONTROL OF HARMFUL IMPURITIES IN THE AIR OF INDUSTRIAL PREMISES

O.V. Aleksashina

Moscow state engineering University, Department
of System management and control of chemical production
Yaroslavl highway, d. 26, Moscow, Russia, 129337

Control of air, gas analysis environments — multi-faceted tasks in the environmental field, in various industries and in research. For the protection of air from pollution requires systematic monitoring of its condition. Such control is possible only when there are methods that provide reliable determination of toxic substances (rather selective, sensitive, accurate, available and practical laboratories. Along with this, to obtain comparable results of the analysis it is necessary to use a specific method in the analysis of specific substances.

The article provides an overview of the present state of the problem of the control of harmful impurities in the air of industrial premises, methods of gas analysis and gas analysis equipment, their classification is given, described the advantages and disadvantages, principles of gas analyzers.

Gas analysis is of paramount importance in the production processes of many industries, including nuclear and thermal power, metallurgy of ferrous and nonferrous metals, special metallurgy, coke production, gas processing, refining and petrochemical industry. Gas metering technical control working areas currently needed in all industries. Wherever there is no special personnel gas control, it is necessary to use a stationary measuring instruments or measuring systems of automatic control. These devices are mounted stationary, constant determined by the control points, and, in the event of an accident, an automatic alert system: serves light and/or audible alarms, switches off the production equipment, the ventilation switches on.

Conventional laboratory methods of analysis gas can not meet the needs of modern production. The majority of technological processes requires quick analysis, continuous and automatic control of the composition of the gas mixture requires devices that could be used in automatic control systems.

All of these problems can be solved with the help of modern gas analyzers, the pros and cons of which are described in this overview article.

Key words: gas analysis, gas analyzers, trace the sensing element, the selectivity, toxic substances, sampling, sample preparation, work area.

REFERENCES

- [1] Gorelik D.O., Konopelko L.A., Pankow E.D. Jekologicheskij monitoring. Optiko-jelektronnye pribory i sistemy. Uchebnyk v 2-h tomah. [Environmental monitoring. Optoelectronic devices and systems. Tutorial 2 vols.] V. 2. Saint Petersburg.: Izd vo «Krismas+». [Publishing house «Christmas +»]. 1998.
- [2] Peregud E.A., Gernet E.V. Himicheskij analiz vozduha promyshlennyh predpriyatij [Chemical analysis of the air industry]. L.: Himija [Chemistry] 1976.
- [3] Svirjukova, O.V. Kontrol' vozduha promyshlennyh predpriyatij fotokolorimetriceskimi gazoanalizatorami. [Control of the air industry photocalorimetric gas analyzer]. Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. [Technology technospheric security: Internet zhurnal. Vol. 1 (41)]. Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb> (Accessed February 2012).
- [4] Svirjukova, O.V. Lentochnye fotokolorimetricheskie gazoanalizatory. Mir izmerenij. [Belt photocalorimetric analyzers]. Mir measurements [Measurement World]. 2012. № 4. pp. 4–10.
- [5] Svirjukova, O.V., Panov I.V. Op ticheskie gazoanalizatory na osnove sorbcionno-reagentnogo izmeritel'nogo preobrazovanija [Optical gas analyzers based on the sorption-reagent measurement conversion] Pribory. [Instruments.] 2009. № 9 (111). pp. 28–30.
- [6] Svirjukova O.V., Latyshenko K.P., Rylov V.A. Perspektivy sovershenstvovanija fotokolorimetriceskikh gazoanalizatorov. [Prospects for improving photocalorimetric analyzers]. Izvestija MGTU [Proceedings of the Moscow State Technical University]. «MAMI»: 2012. T. 4. № 2 (14). pp. 5–58.
- [7] Svirjukova, O.V. Primenenie stacionarnyh gazoanalizatorov pri kontrole tehnologicheskikh processov i promyshlennyh vybrosov [The use of stationary gas analyzers in the control of technological processes and industrial emissions] Integracija nauki i obrazovanija v tehniceskikh vuzah neftegazovogo profilja — fundament podgotovki specialistov budushhego: sb.tr. mezhd. n.-metod. konf. [Integration of science and education in technical colleges to oil and gas — the foundation of the training of specialists of the future: Proceedings of the scientific-practical konferenii.] — Ufa: UGNTU [Ufa State University of Science and Technology]. 2012. pp. 196–198.
- [8] Svirjukova O.V., Rylov V.A., Latyshenko K.P. Fotokolorimetricheskij metod analiza vozduha promyshlennyh predpriyatij [Photocalorimetric method of analysis of the air industry]. Metrologija. [Metrology]. 2012. № 3. pp. 27–35.