

УДК 574+543.544

Промышленный газохроматографический эколого-аналитический контроль

З. Л. Баскин

ЗАХАР ЛЬВОВИЧ БАСКИН — доктор технических наук, действительный член РАЕН, профессор кафедры экологии Вятского государственного педагогического университета. Область научных интересов: эколого-аналитический и технологический контроль, метрологическое обеспечение измерений, применение фторполимеров в приборостроении.

613040, Кировская обл., Кирово-Чепецк, а/я 7, тел. (83361) 4-11-21, факс (8332) 67-86-56,
E-mail science@vgpu.kirov.ru

Организация эколого-аналитического контроля

Из анализа результатов наблюдений на 230 станциях контроля загрязнения атмосферы взвешенными веществами, SO₂, NO₂, CO, а также NH₃, H₂S, фенолом, углеводородами, их фторхлорпроизводными и другими специфическими загрязнителями атмосферы в 34 крупнейших городах России в период 1988—1997 гг. следует, что уровень загрязнения атмосферного воздуха сохранялся высоким и рос, несмотря на спад промышленного производства в этот период. В последние годы проблема контроля загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах России еще более обострилась за счет увеличения выбросов транспортными средствами, роста незапланированных залповых и аварийных выбросов промышленных предприятий, восстанавливающих свое производство, и увеличения числа неучтенных промышленных выбросов [1].

Парадоксальность сложившейся ситуации заключается в том, что прогрессирующая деградация природы происходит на фоне растущих расходов на ее охрану. Следовательно, этих средств недостаточно и они используются неэффективно.

Охрана окружающей природной среды начинается с контроля загрязнения воздуха, воды, почвы в рабочих, промышленных, жилых и заповедных зонах. Экологический контроль имеет две функции: аналитическую, ответственную за получение представительной и достоверной экологической информации, и управленческую, которая заключается в подготовке законов, норм, правил, обеспечивающих экологическую безопасность контролируемых объектов, и в проверке выполнения принятых решений. В первом случае экологический контроль означает измерения, наблюдения, исследования объектов. Одна из наиболее информативных форм такого эколого-аналитического контроля — экологический мониторинг, т.е. слежение за изменением параметров процессов и явлений в окружающей среде. Во втором случае экологический контроль — это деятельность государственных органов, предприятий, общественных организаций и граждан по

разработке и соблюдению экологических законов и стандартов, санитарных норм и правил.

Многие подзаконные акты, например, стандарты безопасности труда и охраны природы [2—5], разработанные несколько десятилетий назад, не соответствуют требованиям экологической безопасности и современному уровню экоаналитики. В результате действующая в Российской Федерации система экологического контроля не справляется со стоящими перед ней задачами и нуждается в коренном усовершенствовании. Нужна новая идеология, новая нормативная база эколого-аналитического контроля.

Достижения науки и техники в области контроля и управления технологическими процессами позволили развить новые концепции эколого-аналитического контроля, обеспечивающие своевременное получение правильной экологически значимой аналитической информации [6—11].

Идеи развития аналитического приборостроения, направленные на создание универсальных и специализированных систем химического анализа, конструкций приборов и средств их метрологического обеспечения, формулировал еще в 60-х годах прошлого века один из основателей и научных руководителей ОКБА НПО «Химвтоматика» Н.Я.Феста, 90 лет со дня рождения которого исполнилось 3 сентября 2002 года [12].

Наиболее сложным объектом эколого-аналитического контроля является атмосфера. Земную атмосферу можно уподобить гигантскому химическому реактору, на дне которого существует человечество [13]. Локальные объекты экологического контроля также следует рассматривать как химические реакторы, которые необходимо контролировать с учетом их динамических характеристик, особенностей функционирования, климатических, географических и других факторов, значимых для каждого из объектов контроля. Случайный характер появления и переменный состав примесей приоритетных и специфических загрязнителей атмосферного воздуха обуславливают необходимость непрерывного промышленного контроля этих объектов.

Одно из возможных перспективных направлений эколого-аналитического контроля атмосферы заключается в создании специализированных адаптированных к контролируемым объектам промышленных автоматических и автоматизированных хроматографических комплексов. Современная хроматография в сочетании с избирательными сорбционными методами пробоотбора, универсальными и селективными методами детектирования и микроэлектронными компьютерными методами управления операциями и режимами анализа, обработкой и представлением их результатов позволяет осуществить не только количественный анализ многокомпонентных сред известного состава, но и идентификацию веществ. Точность анализов обеспечивается динамическими методами проверки метрологических характеристик комплексов.

Представительный пробоотбор и метрологическое обеспечение измерений динамическими методами в условиях эксплуатации аналитических приборов и пробоотборных устройств являются главными проблемами на пути организации хроматографического эколого-аналитического контроля. Современным требованиям промышленного экологического контроля в наибольшей мере удовлетворяют непрерывные хроматографические методы анализа, включающие в себя непрерывные методы сорбционного пробоотбора и метрологического обеспечения измерений [14].

Непрерывные хроматографические методы анализа в эколого-аналитическом контроле

Интерес к газохроматографическим методам анализа примесей в газах возник в начале 1950-х годов в связи с потребностями быстро развивавшейся атомной промышленности в контроле технологических процессов переработки фторсодержащих соединений урана. К концу 1950-х годов в США, Англии, Франции были разработаны газохроматографические методы анализа летучих неорганических фторидов и фторуглеродов и первые конструкции промышленных автоматических хроматографов для дистанционного контроля состава радиоактивных агрессивных фторсодержащих сред. Тогда же началось применение лабораторных газовых хроматографов для анализа этих сред в СССР. Промышленные специализированные газовые хроматографы для контроля агрессивных неорганических фторидов в радиохимических производствах были разработаны и внедрены в аналитическую практику в СССР в 1968 г. Методы промышленного газохроматографического контроля состава фторсодержащих газов и анализа примесей этих газов в воздухе рассмотрены в обзорах [15,16].

В 1960-х годах газовая хроматография достигла высокого теоретического и методического уровня. Методы газовой хроматографии стали широко использоваться во многих отраслях промышленности и науки. Большие успехи были достигнуты и в области анализа загрязненного воздуха, воды, почвы газохроматографическими методами [17—20]. К 1970 г. более половины анализов газов и около 90% аналитической информации получали этими методами [21].

Первые отечественные лабораторные газовые хроматографы типов ХЛ-1, ХЛ-2, ХТ-2М и другие с детекторами по теплопроводности, разработанные в Горьковском государственном университете, КБ АТ и

ВНИГНИ, СКБ по автоматике в нефтепереработке и нефтехимии, Институте физической химии, появились в 1958-1962 гг. [22, 22а], а в 1963 г. в Дзержинском филиале ОКБА был изготовлен первый хроматограф марки «Цвет-1» с пламенно-ионизационным детектором и детектором по теплопроводности [23]. В 1970-х годах Дзержинский филиал ОКБА достиг наибольших успехов в разработке и производстве лабораторных газовых хроматографов марки «Цвет» [23]. В эти же годы завод «Моснефтехим» наладил серийное производство лабораторных газовых хроматографов серии ЛХМ-8.

В последние годы в этой области успешно работает СКБ «Хроматэк» (г.Йошкар-Ола), освоившее выпуск специализированных автоматизированных лабораторных газохроматографических комплексов «Кристалл-2000М» и др. [24].

Первые отечественные промышленные газовые хроматографы ХА-2 с детектором по теплопроводности были разработаны в 1961 г. в ВНИИКАНЕФТЕГАЗ и СКБ АНН. В 1960-70-х годах проводились интенсивные работы по усовершенствованию конструкции промышленных газовых хроматографов. Были выпущены приборы типов ХПА-4, ХП-499, НЕФТЕХИМ-200, «Нефтехром», «Микрохром-1121» с детектором по теплопроводности и РХ-1, ХПУ-1. ХПИ-21 – с пламенно-ионизационным детектором [22, 23].

Несмотря на широкое применение промышленных газовых хроматографов для контроля технологических процессов, в эколого-аналитическом контроле промышленные методы газохроматографического анализа использовались сравнительно мало [16]. Первым специализированным автоматическим хроматографом для анализа примесей в воздухе является промышленный анализатор фторорганических соединений в воздухе «ПАФОС», разработанный на Кирово-Чепецком химическом комбинате в 1965 г. [25—27]. В конце 1960-х годов в Германии был разработан автоматический реверсивный хроматограф «Сименс» [16]. В 1970-80-х годах в Дзержинском филиале ОКБА НПО «Химвтоматика» были выпущены автоматические газовые хроматографы «ТОКСИГАЗ», «МИКРОФТОР», «Цвет-ЭЖО», предназначенные для мониторинга органических примесей в воздухе рабочих и жилых зон [23].

В 1995-99-х годах Институтом экологического приборостроения СО РАН была создана серия переносных автоматических газовых хроматографов «ЭЖО» для экспресс-анализа следов взрывчатых веществ, наркотиков и других токсичных веществ в воздухе [28].

Методы хроматографического анализа загрязняющих веществ в воздухе и технологических средах, реализованные в специализированных промышленных газовых хроматографах «ПАФОС», «ТОКСИГАЗ», «МИКРОФТОР», «Цвет-ЭЖО», наиболее полно удовлетворяют современным требованиям эколого-аналитического контроля. Эти методы можно называть непрерывными, поскольку непрерывна одна из основных операций анализа – пробоотбор [29].

Непрерывные хроматографические методы анализа в эколого-аналитическом и в технологическом контроле могут применяться в режимах «on line» (в потоке) и «off line» (вне потока). При работе в режиме «on line» автоматический хроматограф устанавливается на контролируемом объекте или вблизи него. Контроли-

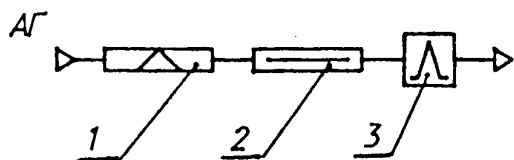


Рис. 1. Схема анализа примесей в газовом потоке:

1 — адсорбционная колонка, 2 — хроматографическая колонка, 3 — детектор, АГ — анализируемый газ

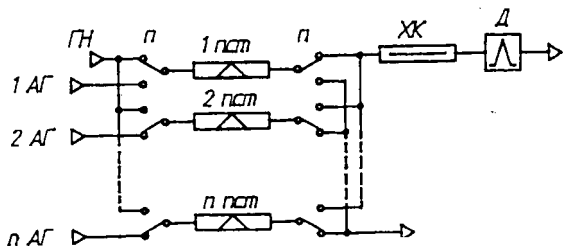


Рис. 2. Схема многоточечного хроматографического анализа газов:

пст — пробоотборные сорбционные трубки, П — переключатель, ХК — хроматографические колонки, Д — детектор, ГН — газ-носитель, АГ — анализируемые газы

руемый газовый поток непрерывно пропускают через адсорбционную колонку прибора, где на твердом селективном сорбенте концентрируются анализируемые вещества. Периодически они десорбируются в хроматографическую колонку, разделяются на отдельные компоненты и детектируются. Цикл анализа выбирается в соответствии с постоянной времени объекта контроля. На рис. 1 и 2 приведены функциональные газовые схемы приборов, в которых реализованы способы одноточечного и многоточечного непрерывного хроматографического анализа газов [27].

При работе в режиме «off line» пробы отбирают непрерывно с помощью пробоотборных сорбционных трубок, устанавливаемых в автоматизированных пробоотборных устройствах, автоматизированных пробоотборниках воздуха или в индивидуальных химических дозиметрах, которые размещают на каждом контролируемом объекте. Периодически, например, один или несколько раз в час, в смену, в сутки, отработанные пробоотборные сорбционные трубки снимают с пробоотборных устройств и направляют в лабораторию для хроматографического анализа, а на их место устанавливают новые сорбционные трубки. Такая система пробоотбора и анализа обеспечивает представительный и достоверный контроль загрязнения воздуха в производственных и жилых помещениях, в городах и заповедных природных зонах.

Непрерывные хроматографические методы анализа могут быть эффективно использованы в промышленном контроле экологически значимых параметров технологических процессов:

— для определения состава, расхода и количества загрязняющих веществ в технологических газовых выбросах (организованных выбросах) (рис.3);

— для определения утечек загрязняющих веществ из технологического оборудования (неорганизованные выбросы) (см. рис.1 и 2);

— для контроля вредных примесей, выделяющихся из лакокрасочных материалов, ковровых покрытий, пластмассовых изделий, мебели, одежды, игрушек и других товаров бытового назначения (рис.4);

— для диагностики повреждения обмоток силовых маслонаполненных трансформаторов и электрических генераторов с водородным охлаждением;

— для непрерывного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочих, производственных, санитарно-защитных и жилых зон;

— для индивидуального химического дозиметрического контроля.

Общий алгоритм основных операций анализа, единство измерений и их метрологического обеспечения, а также единая элементная база делают развитие промышленных хроматографов перспективным направлением аналитического приборостроения.

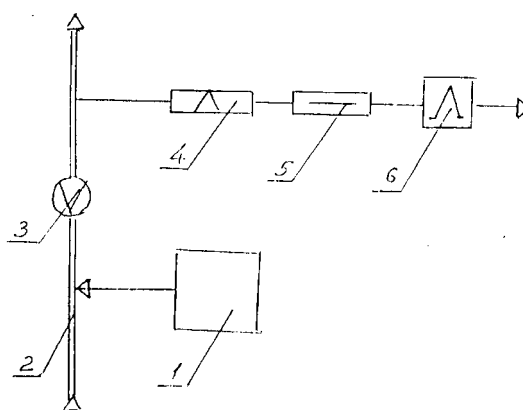


Рис. 3. Схема газохроматографического контроля состава, расхода и количества газовых выбросов:

1 — устройство для дозирования газа-метки, 2 — трубопровод газовых выбросов, 3 — сужающее устройство для перемешивания газов, 4 — адсорбционная колонка, 5 — хроматографическая колонка, 6 — детектор

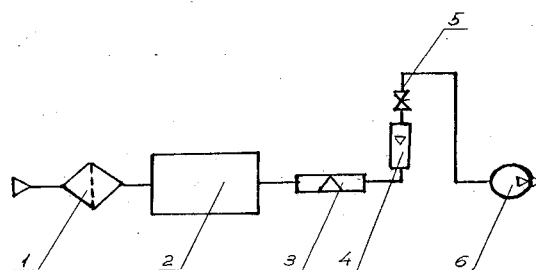


Рис. 4. Схема установки контроля газовой выделений УКГ-20:

1 — фильтр, 2 — камера контроля газовой выделений, 3 — пробоотборная сорбционная трубка, 4 — индикатор расхода воздуха, 5 — регулирующий вентиль, 6 — побудитель расхода

Пробоотбор в эколого-аналитическом контроле

Способы пробоотбора

В практике газового анализа используют четыре способа пробоотбора: разовый мгновенный, разовый сорбционный, непрерывный и непрерывный сорбционный. Из них требованиям эколого-аналитического контроля в наибольшей степени удовлетворяет непрерывный сорбционный способ отбора проб [30].

Непрерывным сорбционным пробоотбором назван процесс непрерывного предварительного концентрирования анализируемых веществ из контролируемого газового потока на селективных сорбентах. При последующей десорбции проба сконцентрированных веществ поступает в аналитический прибор, например, в газовый или ионный хроматограф.

Данный способ пробоотбора исключает возможность контролирования изменения состава, концентрации и количества определяемых веществ в контролируемом потоке за период пробоотбора, т.е. измеряется концентрация определяемых веществ за цикл анализа. Понятно, что для получения надежных результатов анализа необходимо использовать стабильные во времени сорбенты, сохраняющие характеристики при многократной сорбции, десорбции и регенерации.

Из применяемых в газохроматографическом контроле способов концентрирования (низкотемпературное концентрирование, адсорбция и хемосорбция при температуре окружающей среды и парофазное концентрирование) для эколого-аналитического контроля в наибольшей степени подходит сорбция на твердых селективных сорбентах при температуре окружающей среды. Такой пробоотбор благодаря представительности проб обеспечивает достоверный статистический учет изменения загрязнения контролируемых зон за каждый цикл пробоотбора (10, 20, 30, 60 мин, смену, сутки и т.д.).

Непрерывный сорбционный пробоотбор удобен и эффективен для анализа загрязнения воздуха в рабочих зонах токсичными веществами всех классов опасности. Он не только обеспечивает представительность проб, но и позволяет повысить чувствительность определения, упростить конструкции основных узлов аналитической аппаратуры, уменьшить погрешности, связанные с адсорбцией анализируемых веществ на поверхностях элементов газовых схем приборов [27, 31].

Критерии представительности и правильности пробоотбора

Представительная проба может быть получена только при учете значимых для каждого контролируемого объекта факторов. При анализе воздуха с разовым мгновенным и разовым сорбционным пробоотбором, когда в соответствии с действующими нормами [2—5] период времени между анализами (цикл контроля) устанавливается от 2 до 720 часов, а пробу отбирают в каждом цикле в случайный или заданный момент времени в течение от нескольких секунд до 20—30 минут, неизбежен пропуск анализируемых веществ, появляющихся в контролируемой зоне в случайные интервалы времени между отборами проб. Вероятность пропуска будет тем выше, чем больше цикл контроля по сравнению со временем отбора

пробы или чем большее число зон поочередно контролируется с помощью одного автоматического прибора.

Для повышения информативности и достоверности контроля выявляют зависимости времени пробоотбора, цикла анализа и числа зон последовательно контролируемых с помощью одного прибора от динамических свойств объекта контроля. В свою очередь динамические свойства контролируемого объекта зависят от специфики технологических процессов, условий функционирования оборудования, стабильности производственной среды и уровня ее загрязнения, кратности воздухообмена в контролируемых зонах, времени пребывания в них обслуживающего персонала, токсикологических характеристик анализируемых веществ, вредных проявлений адсорбции загрязняющих веществ на элементах систем пробоотбора, пробоподготовки и анализа. Каждый из этих факторов может стать определяющим при выборе критериев представительности и правильности пробоотбора в конкретных условиях контроля загрязнения воздуха рабочих и жилых зон, выбросных газов [30, 31]. Например, в качестве главного критерия для пробоотбора воздуха в вентилируемой рабочей зоне выбрано соотношение, связывающее цикл периодического анализа загрязнения воздуха $\tau_{\text{ц}}$ с периодом воздухообмена в ней $\tau_{\text{в}}$ [30]:

$$\tau_{\text{ц}} \leq 0,5 \tau_{\text{в}} \quad (1)$$

где $\tau_{\text{в}} = V_{\text{пом}} / Q_{\text{пом}}$; $1/\tau_{\text{в}} = K_{\text{в}}$; $V_{\text{пом}}$ — объем помещения (контролируемой зоны), м^3 ; $Q_{\text{пом}}$ — воздухообмен, расход воздуха в помещении (контролируемой зоне), $\text{м}^3/\text{ч}$; $K_{\text{в}}$ — кратность воздухообмена в помещении.

В качестве второго критерия в этом примере может быть зависимость объема воздуха, отбираемого на анализ, от величины адсорбционных потерь. Применительно к промышленным хроматографам с непрерывным сорбционным пробоотбором масса анализируемых веществ в пробе, достаточная для достоверного их определения, связана с расходом воздуха при отборе пробы соотношением

$$g_n = K_n V_n \tau_n C_{n0} \quad (2)$$

где g_n — масса загрязняющих веществ на входе в хроматографическую колонку, мг; $K_n = C_n / C_{n0}$ — коэффициент адсорбционных потерь; V_n — расход воздуха при пробоотборе, $\text{м}^3/\text{ч}$; τ_n — время пробоотбора, ч; C_{n0} — концентрация анализируемого вещества в воздухе контролируемой зоны, $\text{мг}/\text{м}^3$; C_n — концентрация анализируемого вещества в пробе на входе в хроматографическую колонку, $\text{мг}/\text{м}^3$.

В качестве третьего критерия правильности пробоотбора в рассматриваемом примере может быть выбрана зависимость цикла контроля $\tau_{\text{ц}}$ от токсикологических характеристик анализируемых веществ. Для веществ III и IV класса опасности, обладающих кумулятивными свойствами, допустим непрерывный пробоотбор, при котором

$$\tau_{\text{ц}} \gg \tau_{\text{в}} \quad (3)$$

В случае и разового, и непрерывного способов сорбционного пробоотбора возможен пропуск анализируемых веществ, если время пробоотбора τ_n будет больше времени сорбции анализируемых веществ до

проскока через слой сорбента $\tau_{пр}$. Поэтому четвертым критерием для отбора проб в рассматриваемом приборе может быть соотношение

$$\tau_n < \tau_{пр} \quad (4)$$

Критериями получения правильных результатов измерений могут стать также выбор сорбента для сорбционного пробоотбора, его массы и размеров частиц, геометрических размеров пробоотборных сорбционных трубок, режимов сорбции и десорбции.

В заключение отметим, что критерии представительности пробоотбора не отражены ни в нормативных и руководящих документах [2—5], ни в учебно-методической литературе [20, 32].

Средства пробоотбора

Пробоотборные устройства для разового мгновенного и разового сорбционного пробоотбора хорошо разработаны [5, 34], как и автоматические газоаналитические приборы с непрерывным отбором проб [33]. Для непрерывного сорбционного отбора веществ, загрязняющих воздух, разработаны автоматизированные пробоотборники воздуха (рис. 5) и автоматизированные пробоотборные устройства (рис. 6).

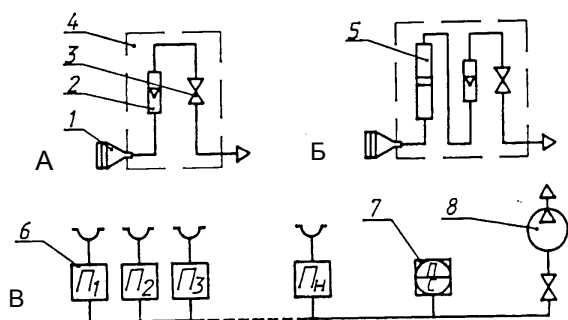


Рис. 5. Пробоотборники воздуха типа АПВ

А — пробоотборник АПВ-1, Б — 1 пробоотборник АПВ-2, В — □ схема включения пробоотборников.

1 — сменная воронка с фильтром, 2 — ротаметр, 3 — регулирующий дроссель, 4 — панель прибора, 5 — адсорбционная колонка, 6 — пробоотборники воздуха, 7 — регистрирующий вакуумметр, 8 — вакуум-насос

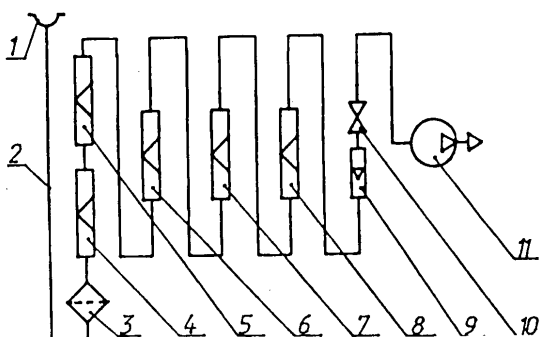


Рис. 6. Схема автоматизированного пробоотборного устройства АПУ 1113

1 — воздухозаборник, 2 — пробоотборная линия, 3 — фильтр аэрозолей, 4, 5 — пробоотборная сорбционная трубка катионов и анионов, соответственно, 6, 7, 8 — пробоотборные сорбционные трубки газов, 9 — ротаметр, 10 — регулирующий вентиль

Постоянный расход контролируемого воздуха обеспечивается с помощью автономного вакуум-насоса (рис.5В) и установленного перед ним регулирующего вентиля (рис.5А), работающего в режиме критического сопла. Пробоотборник АПВ-2 (рис.5Б) имеет соединенную последовательно с аэрозольным фильтром адсорбционную колонку, которая служит для улавливания примесей кислых газов в контролируемой зоне. Пробоотборники, установленные в одном здании, соединены параллельно и подключены к одному вакуум-насосу. Такие пробоотборники используются для отбора среднесменных проб загрязняющих веществ в воздухе рабочих зон.

Автоматизированные пробоотборные устройства, предназначенные для отбора среднесуточных проб загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обеспечивают отдельную селективную сорбцию твердых аэрозолей, неорганических и органических газов в контролируемом воздухе. Через заданный промежуток времени (через смену, сутки) аэрозольный фильтр и пробоотборные сорбционные трубки снимают и заменяют новыми. Отработанные трубки отправляют в лабораторию для анализа [30].

В известных пробоотборных устройствах [34] регламентированы лишь диапазоны измерения расхода воздуха и погрешности его поддержания, а технические и метрологические характеристики самих сорбционных устройств и режимы сорбции не нормируются. По существу это только побудители расхода контролируемого воздуха. В отличие от них в автоматизированных пробоотборниках воздуха и пробоотборных устройствах аэрозольные фильтры, сорбционные колонки или пробоотборные сорбционные трубки являются средствами измерения, параметры которых и режимы адсорбции, а также десорбции выбираются экспериментально для каждого контролируемого объекта. Метрологические характеристики этих пробоотборных устройств устанавливаются и проверяются динамическими методами в условиях, соответствующих условиям их работы.

Непрерывные динамические методы метрологического обеспечения измерений в эколого-аналитическом контроле

Разработаны способы и устройства для непрерывного приготовления поверочных газовых смесей с примесями анализируемых, в том числе агрессивных и легко сорбирующихся газов. Они оказались наиболее пригодными для метрологического обеспечения средств эколого-аналитического контроля. В них используются такие приемы, как смешивание газовых потоков, диффузионное дозирование и экспоненциальное разбавление анализируемых веществ, а также сочетание этих методов [35] (рис. 7—9).

Наибольшее применение получили диффузионные методы дозирования микропотоков анализируемых веществ с помощью фторопластовых стабильных источников микропотоков газов и паров «Микрогаз» и динамические установки серии «Микрогаз». В этих источниках, построенных на современной элементной базе с использованием наиболее коррозионностойких и обладающих наименьшей сорбционной способностью фторопластовых материалов реализованы непрерывные способы получения поверочных газовых

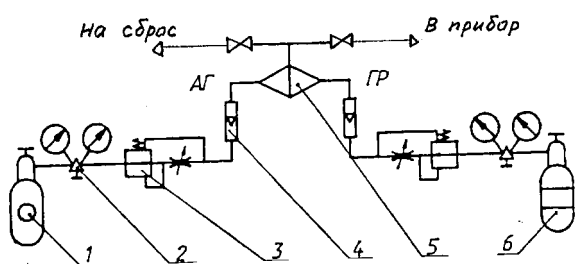


Рис. 7. Схема динамической газосмесительной установки со смешиванием газовых потоков:

1 — баллон с анализируемым газом, 2 — редуктор, 3 — регулятор расхода, 4 — ротаметр, 5 — смеситель, 6 — баллон с газом-разбавителем

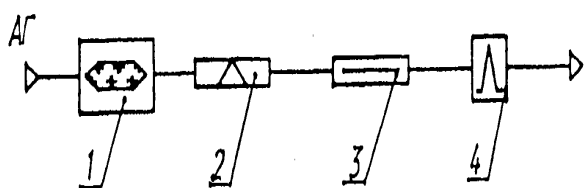


Рис. 8. Способ проверки и градуировки хроматографа для анализа примесей в воздухе методом диффузионного дозирования:

1 — диффузионный дозатор с источником микропотоков «Микрогаз», 2 — адсорбционная колонка, 3 — хроматографическая колонка, 4 — детектор, АГ — анализируемый газ

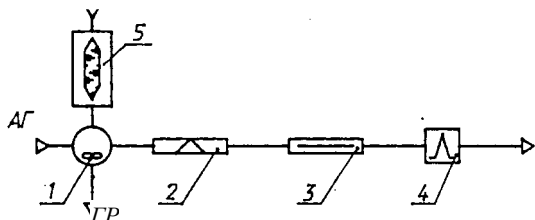


Рис. 9. Способ проверки и градуировки хроматографа для анализа примесей в воздухе методом экспоненциального разбавления:

1 — экспоненциальный разбавитель, 2 — адсорбционная колонка, 3 — хроматографическая колонка, 4 — детектор, 5 — диффузионный дозатор, АГ — анализируемый газ, ГР — газ-разбавитель (азот, воздух)

смесей путем смешивания газовых потоков диффузионного дозирования и экспоненциального разбавления анализируемых веществ.

Заключение

Главными задачами промышленного эколого-аналитического контроля, рассмотренного в данной статье на примере контроля загрязнения воздуха, являются:

— непрерывный контроль экологически значимых параметров технологических процессов, например состава и концентрации загрязняющих веществ в газовых выбросах;

— непрерывный контроль неорганизованных выбросов, утечек загрязняющих веществ из технологического оборудования, газовыделений из химических веществ, материалов и изделий промышленного и бытового назначения;

— непрерывный контроль воздушной среды в рабочих, жилых и природоохранных зонах, индивидуальный химический дозиметрический контроль.

Разработка и внедрение в практику промышленных специализированных газохроматографических комплексов, основанных на непрерывных хроматографических методах анализа, — одно из перспективных направлений решения этих задач. Такие аналитические системы обеспечивают единство и правильность измерений, позволяют осуществить достоверный статистический учет динамики загрязнения контролируемых объектов, а также их оперативный контроль. Автоматизация основных операций анализа, унификация элементной базы аналитической аппаратуры повышают надежность, точность, информативность, а также снижает стоимость анализа.

Промышленный газохроматографический эколого-аналитический контроль целесообразно выделить в отдельную отрасль аналитического приборостроения со своей научной, нормативной и производственной базами. Производственной базой может стать ФГУП Ижевский электромеханический завод, создавший мощное производство хроматографической аппаратуры. Научно-техническую поддержку ему могут обеспечить Научный совет по хроматографии и адсорбции РАН и ведущие центры хроматографического приборостроения: СКБ «Хроматэк» (г.Йошкар-Ола), НПО «Химвтоматика» (г.Москва), ОАО «Цвет» (г.Дзержинск) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качество воздуха в крупнейших городах России за 10 лет (1988-1997). Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова. Под ред. Безуглой Э.Ю. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1999. 144с.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-технические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Изд-во стандартов, 1988, 15с.
3. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. М.: Изд-во стандартов, 1987, 5с.
4. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. М.: Изд-во стандартов, 1981. 18с.
5. РД-52.04.186-89.Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М. Госкомгидромет СССР, 1991, 693с.
6. Баскин З.Л. Хим. пром-сть, 2001, т. 311, с. 28—36.
7. Золотов Ю.А., Кимстач В.А., Кузьмин Н.М., Нейман Е.Я., Попов А.А., Ревельский И.А. Рос.хим. ж. (Ж. рос.хим. об-ва им.Д.И.Менделеева), 1993, №4, с. 20—27.
8. Кузьмин Н.М., Нейман Е.Я., Попов А.А. Зав. лаб., 1993, т.59, №4, с.12—18.
9. Попов А.А., Качин С.В., Кузьмин Н.М. Там же, 1994, т.60, №4, с. 13—18.
10. Попов А.А., Рыжнев В.Ю., Золотов Ю.А., Мясоедов Б.Ф. и др. Приборы и системы управления, 1999, №9, с. 3—12.
11. Матвеев В.В., Стась К.Н. Там же, 1995, №11, с.13-16.
12. К 70-летию со дня рождения Н.Я.Фесты. Некоторые проблемы автоматизации химических производств и развития аналитического приборостроения. НТПС «Автоматизация химических производств». М. НИИТЭХИМ, 1982, вып. 4, с. 1—10.

13. *Исидоров В.А.* Органическая химия атмосферы. С-Пб.: Химия, 1992, 288с.
14. *Баскин З.Л.* Докт. дис. Москва, ИФХ РАН, 1997, 187 с.
15. *Баскин З.Л.* Методы и аппаратура для промышленного газохроматографического анализа фторсодержащих газов. Аналитический обзор. М.: ЦНИАтоминформ. 53с.
16. *Баскин З.Л.* Там же, 1975, 47с.
17. *Другов Ю.С., Березкин В.Г.* Газохроматографический анализ загрязненного воздуха. М.: Химия, 1981, 256 с.
18. *Другов Ю.С., Родин А.А.* Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды и почвы. Практическое руководство. С-Пб. «Теза», 1999. 622с.
19. *Другов Ю.С., Родин А.А.* Газохроматографический анализ газов. Практическое руководство. Изд.2-е. С-Пб.: «Анатолия», 2001, 426 с.
20. *Другов Ю.С., Родин А.А.* Экологическая аналитическая химия. Уч.пособие для вузов. Изд.2-е. С-Пб, 2002, 464с.
21. *Буров А.Н., Калмановский В.И.* Состояние и перспективы развития работ по созданию промышленных и лабораторных хроматографов. Докл. Дзержинского филиала ОКБА. Дзержинск, 1970, 12с.
22. *Гольберт К.А., Вигдергауз М.С.* Курс газовой хроматографии. М.: Химия, 1967, 400с.
- 22а. *Гольберт К.А., Вигдергауз М.С.* Введение в газовую хроматографию. М.: Химия, 1990, 352с.
23. *Яшин Я.И.* Приборы и системы управления, 1999, № 9, с. 23—27.
24. Хроматографы. Хроматэк-Кристалл-2000 М. Проспект СКБ «Хроматэк». Йошкар-Ола, 2001.
25. Авт.свид. СССР, G 01N, №231203, 1968, бюл. изобр. № 35.
26. Авт.свид. СССР, G 01N, №240326, 1969, бюл. изобр. № 12.
27. *Баскин З.Л., Лаптев А.Л., Лавринов А.А.* Приборы, 2001, № 8 (14), с.20—23.
28. Экспресс-хроматографы серии «Эхо». Проспект КТИ ГЭП СО РАН, 1999.
29. *Баскин З.Л.* Ж приклад. химии, 1997, т.70, вып.12, с. 2011—2015.
30. *Баскин З.Л.* Непрерывные методы пробоотбора при газохроматографическом определении загрязняющих веществ в воздухе. Там же, 1997, т.70, иып.10, с. 1671—1677.
31. *Баскин З.Л.* Зав. лаб., 2002, т. 68, № 2, с. 45—54.
32. Оценка и регулирование качества окружающей и природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога. Под ред. А.Ф. Порядина М. НУМЦ Минприроды России. Изд. «Прибой», 1996. 350с.
33. *Тхоржевский В.П.* Автоматический анализ газов и жидкостей на химических предприятиях. М.: Химия, 1976. 272с.
34. *Овчаренко Т.Б., Хоботова О.М.* Приборы и системы управления, 1999, № 9, с. 27—28.
35. *Баскин З.Л.* Ж приклад. химии, 1997, т.70, вып.10, с. 1678—1681.