

5. Daganzo C.F. Remarks on Traffic Flow Modeling and its Applications // Dept. of Civil and Environmental Engineering University of California, Berkeley.
6. Kerner B.S., Rehborn H. Experimental Features and characteristics of traffic jams // Physical Review E. - 1996.

Особенности метрологического обеспечения фотоколориметрических газоанализаторов

К.т.н. О. В. Свирюкова
Университет машиностроения, Москва, Россия
Svirukova@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются метрологическое обеспечение газоаналитических измерений, экспресс-тестирование (bump-test) газоанализаторов, поэлементно-эквивалентный метод поверки фотоколориметрических газоанализаторов. Приведён принцип поверки фотоколориметрического газоанализатора на примере поверки газоанализатора СФГ-М.

Ключевые слова: поверочные газовые смеси, фотоколориметрические газоанализаторы, поэлементно-эквивалентный метод, поверочные оптические эквиваленты.

Среди аппаратурных средств и методов контроля и анализа природной среды доминируют газоаналитические измерения. Для газоаналитических измерений, как важного раздела экопромышленного мониторинга, характерна проблематика задач разработки и совершенствования средств и методов контроля и анализа природной среды. Для подобной измерительной техники традиционно актуальна проблема разработки и создания соответствующего аппаратурного обеспечения. Однако для газоаналитических измерений существует соизмеримая по значимости и актуальности проблема разработки и совершенствования средств и методов метрологического обеспечения. Это определено, прежде всего, спецификой физико-химической сущности самих газоаналитических измерений.

В последние годы имеет место значительное улучшение эксплуатационных характеристик газоаналитических приборов, используемых для контроля взрывоопасных и токсичных соединений в воздухе рабочей зоны.

В ряде стран проблеме поверки газоанализаторов в процессе эксплуатации уже давно уделяется повышенное внимание. Например, в 2004 году в документах Департамента труда США была изложена позиция Международной ассоциации оборудования безопасности (ISEA). В соответствии с этим документом в течение первых 10 дней применения газоанализатора проверка его работоспособности должна производиться ежедневно перед началом работы. Затем при положительных результатах допускается проводить проверку один раз в месяц. Многие зарубежные предприятия-изготовители в руководствах по эксплуатации рекомендуют проводить экспресс-тестирование (bump-test) переносного газоанализатора перед каждым его использованием и поставляют устройства и смеси для проведения такой проверки. В большинстве случаев bump-test определяется как подача на прибор газо- или паровоздушной смеси с известной концентрацией целевого компонента и сравнение показаний газоанализатора с подаваемой концентрацией. Как правило, концентрация целевого компонента выбирается больше порогового значения, при котором срабатывает сигнализация. Таким образом, проверяется работоспособность прибора в целом.

Обычно для градуировки, поверки и проверки работоспособности газоаналитического оборудования используются баллоны с поверочными газовыми смесями (ПГС) под давлением. Поверочные газовые смеси получают путем смешения чистых исходных газов в заданных соотношениях. ПГС предназначены для градуировки, аттестации и поверки средств из-

мерений содержания компонентов в газовых средах, аттестации методик выполнения измерений, а также для контроля правильности результатов измерений, выполняемых по стандартизованным методикам.

Большинство зарубежных фирм-изготовителей для проведения “bump-test” применяет ПГС в облегченных металлопластиковых и алюминиевые баллонах небольшого объема (до 2 л) и баллонах со специальным покрытием для хранения смесей коррозионных газов с воздухом. Однако в нашей стране не следует ожидать широкого распространения баллонов для рутинной проверки из-за их высокой стоимости, ограничений, связанных с почтовой пересылкой сосудов под давлением.

Таким образом, с позиций физико-технической сущности газоаналитических измерений, существует аппаратная сложность, низкая рентабельность и конструктивная ограниченность базового промышленного метода метрологической аттестации на поверочных газовых смесях, что указывает на правомерность поиска оптимальных средств и методов.

Создание прибора и методики метрологической аттестации газоанализаторов систем контроля природной среды, исключая в собственной конструкции применение поверочных газовых смесей, является востребованной задачей.

Особенностью фотоколориметрических газоанализаторов является проведение поверки газоанализаторов на месте эксплуатации без применения газовых смесей.

Применительно для фотоколориметрических газоанализаторов разработаны и изготовлены метрологические устройства, исключая в собственной конструкции газоанализатора процессы информационного газодинамического преобразования. Для различных видов фотоколориметрических газоанализаторов (ленточных, порошковых) используются различные устройства, имитирующие изменение концентрации газа. Так, для фотоколориметрических ленточных газоанализаторов СФГ-М, ИФГ-М средством поверки служит специальный набор светофильтров (СНС), имитирующий изменение коэффициента пропускания индикаторной ленты при поэлементной поверке газоанализаторов. СНС представляет собой оптическое приспособление, устанавливаемое в измерительный преобразователь блока фотоприёмника газоанализатора взамен индикаторной ленты – преобразователя ленточного кассетного (ПЛК). Газоанализаторы допускают поверку в эксплуатации с использованием в качестве образцового средства оптического эквивалента поверочных газовых смесей, при этом погрешность определения эквивалентных концентраций не должна превышать 5%.

В состав поверочного приспособления (рисунок 1), помимо СНС, входят два имитатора ПЛК (ИПЛК). Имитаторы ИПЛК-2 и ИПЛК-6 заменяют ПЛК и необходимы для запуска соответствующей программы газоанализатора при его поверке, штрих-коды ИПЛК-2 и ИПЛК-6 идентичны штрих-кодам ПЛК-2 и ПЛК-6. Комплект СНС является эквивалентом концентраций NO_2 при работе на длине волны 464 нм (ИПЛК-2) и концентрации H_2S на длине волны 570 нм (ИПЛК-6).

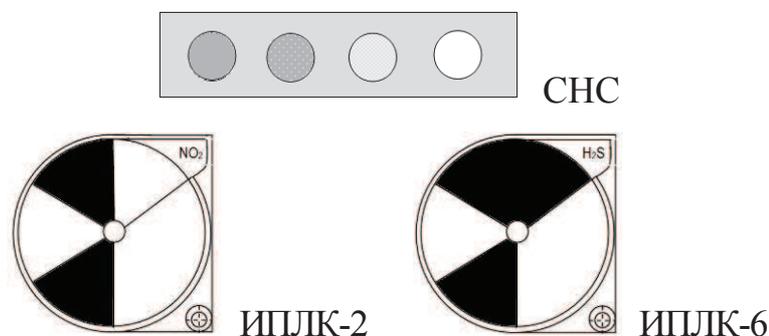


Рисунок 1. Состав поверочного приспособления

СНС выполнен в виде пластины из нержавеющей стали с четырьмя оптическими окошками. В окошки 2, 3, 4 (номера отверстий выбиты на боковой поверхности пластины) уста-

новлены светофильтры, оптическая плотность которых повышается с увеличением номера светофильтра (оптического окошка). Габаритные размеры СНС – 70x22x2,5 мм, диаметр окошка – 9 мм, масса не более 30 г.

Порядок имитации загазованности измеряемыми компонентами с помощью комплектов СНС-ИФГ представлен на рисунке 2.

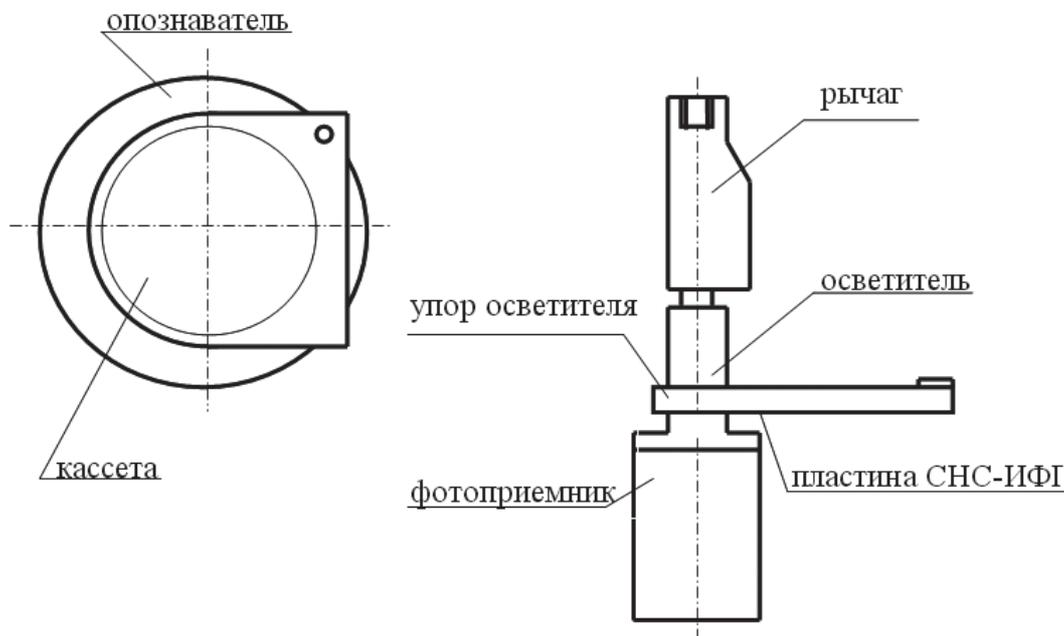


Рисунок 2. Принцип работы комплекта СНС-ИФГ

Для имитации загазованности одним из продуктов следует перед включением прибора установить на опознаватель кассету с этикетками, соответствующему этому продукту так, как показано на приведенном рисунке и зафиксировать ее, опустив прижим. В зазор между осветителем и его упором ввести пластину СНС-ИФГ так, чтобы выступ осветителя вошел в отверстие под № 1.

Принцип работы комплектов СНС-ИФГ состоит в следующем: при последовательной установке в оптический канал газоанализатора двух светофильтров с разными коэффициентами пропускания разница коэффициентов пропускания светофильтров имитирует изменение коэффициента пропускания индикаторной ленты при её экспонировании. При этом светофильтр 2 имитирует неэкспонированную индикаторную ленту. Переход со светофильтра 2 на светофильтр 3 или 4 имитирует экспонирование индикаторной ленты. Окошко 1 без светофильтра служит для самодиагностики газоанализатора.

Методика поверки сводится к выявлению эквивалентных концентраций.

Выполняя операции поверки, проводят 10 циклов определения эквивалентных концентраций ($C_{Э1}$ и $C_{Э2}$) ПДК с получением их усреднённых значений $\bar{C}_{ЭСР1}$ и $\bar{C}_{ЭСР2}$ после десятого цикла и вычисляют значения погрешностей ($\sigma_{Э1}$, $\sigma_{Э2}$) определения эквивалентных концентраций по формулам:

$$\sigma_{Э1} = \frac{\bar{C}_{ЭСР1} - C_{Э1П}}{C_{Э1П}} 100\%, \quad (1)$$

$$\sigma_{Э2} = \frac{\bar{C}_{ЭСР2} - C_{Э2П}}{C_{Э2П}} 100\%, \quad (2)$$

где $C_{Э1П}$, $C_{Э2П}$ – паспортные значения эквивалентных концентраций, ПДК.

Результат поверки считается положительным, если значения $\sigma_{Э1}$, $\sigma_{Э2}$, вычисленные по формулам (1) и (2), не превышают $\pm 5\%$.

Необходимо отметить, что газоанализатор СФГ-М является также удачным примером решения не менее важных для газоаналитических систем безопасности задач по пространственному распределению компонентов и их интеграции в единую структуру. Существует два принципиально разных подхода к решению измерительных задач распределённых газоаналитических систем. Первый подход предполагает один малоинерционный многофункциональный газоанализатор, в который по пневмопроводу поочерёдно подаются пробы анализируемого газа со всех точек контроля. При втором подходе в каждой точке контроля устанавливаются датчик, на выходе которого формируется электрический сигнал. Типовой газоанализатор подвергается усилению, нормированию, переводу в цифровой код выходной сигнал первичного измерительного преобразователя (ПИП). Техническим решением, позволяющим существенно упростить задачу метрологического обеспечения территориально разнесённых газоаналитических устройств системы, является отказ от проведения каких-либо настроечных операций по месту (в каждой точке контроля). Газоанализатор разбивается на две части: съёмную (аналитический преобразователь) и стационарную (системный преобразователь). При таком подходе в распределённой газоаналитической системе можно выделить следующие составные части: аналитический преобразователь, системный преобразователь, концентратор и блок управления, питания и сигнализации. С другой стороны, при массовом производстве одним из важных критериев является технологичность. С этой точки зрения, в газоанализатор в качестве сенсора аналитического преобразователя монтируются твердотельные сенсоры, т.е. выполненные по микроэлектронной технологии.

Представляют интерес средства поверки и поверочные приспособления других фотоколориметрических газоанализаторов. Так, например, средство поверки фотоблока (СПФ) к фотоколориметрическому ленточному газоанализатору «Сирена М» предназначено для поверки фотоэлектрического преобразователя газоанализатора при выпуске из производства и на местах эксплуатации. Средство поверки СПФ представляет собой серую трехпольную шкалу плотностей отражения, изготовленную на гладкой тонкой глянцевой фотографической бумаге.

Для градуировки и поверки фотоколориметрических порошковых промышленных стационарных газоанализаторов типа «Сирена» используют поверочные приспособления ПП, ПП 2, ПП 4. Принцип действия приспособления основан на отражении падающего излучения от поверхности цветных светофильтров, спектральные характеристики которых идентичны спектральным характеристикам индикаторных порошков в пределах спектральной области фотоблоков газоанализаторов «Сирена», «Сирена 2», «Сирена 4», «Сирена А». Приспособление состоит из цилиндра, неподвижно закрепленного на основании, и корпуса со светофильтром. В зависимости от расстояния между светофильтром приспособления и фотоблоком газоанализатора изменяется коэффициент отражения светофильтра, вследствие чего изменяется сопротивление фоторезистора, которое является выходным сигналом газоанализатора. Положение светофильтра относительно неподвижного цилиндра приспособления фиксируется с помощью мер длины, устанавливаемых под корпус со светофильтром.

Таким образом, внедрение поэлементно-эквивалентного метода поверки фотоколориметрических газоанализаторов является решением проблемы метрологического обеспечения газоанализаторов. Целесообразность замены действующей системы метрологического обеспечения газоанализаторов на поверку поэлементно-эквивалентным методом с поверкой фотоблока с помощью поверочных эквивалентов оправдано сокращением времени поверки газоанализаторов на месте их эксплуатации и повышением точности поверки. Применение эквивалентно-поэлементных методов поддержания нормального функционирования фотоколориметрических газоанализаторов в процессе эксплуатации позволяет исключить необходимость использования аттестованных газовых смесей и в результате значительно увеличить метрологическую надежность приборов.

Литература

1. Будович Д.В. Простое устройство для проверки газоанализаторов аммиака //Холодильная техника. № 4 ,2009. стр. 51-54
2. Конопелько Л.А. Поэлементно-эквивалентные методы и средства газоанализаторов. Автореф. дисс.... канд. техн. наук.— М.: МИХМ, 1987.— 15 с.
3. Научно-производственное объединение «Химвавтоматика» <http://www.chimavtomatika.ru>
4. ЗАО «Экодатчик» [http:// www.ekod.ru](http://www.ekod.ru)

Разработка и исследование холодильной машины с дозированной заправкой аммиака

Кривцов Д.В., Порутчиков А.Ф.
Университет машиностроения
krivtsovdv@gmail.com

Аннотация. Представлена аммиачная холодильная машина малой холодопроизводительности для охлаждения промежуточного теплоносителя. Предложены новые технические решения, направленные на уменьшение аммиакоемкости системы, повышения безопасности эксплуатации, а также на обеспечение работы в безнадзорном автоматическом режиме. Изложен метод построения математической модели и анализа работы холодильной машины.

Ключевые слова: аммиачная холодильная машина, дозированная заправка, маневровый ресивер, лабораторный образец.

В 1987 г. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, ограничил производство и применение фреонов, содержащих атомы хлора и брома. В 1997 г. в Киото был принят протокол, направленный на ограничение выбросов парниковых газов развитыми странами. К числу парниковых газов, ответственных за глобальное потепление, отнесены все без исключения синтетические хладагенты: гидрофторуглеродороды (HFC), перфторуглеродороды (FC). В Киотский протокол попали все так называемые озонобезопасные хладагенты. В связи с этим в последнее десятилетие интерес специалистов привлекают возможности более широкого применения природных рабочих веществ, таких как аммиак, углеводороды, диоксид углерода, воздух и вода, не входящих в число озоноразрушающих и парниковых газов.

В качестве рабочего вещества для холодильных машин в диапазоне температур от 0 до минус 50 °С особое внимание уделяется аммиаку. Аммиак, имея нулевые значения потенциалов истощения озонового слоя (ODP) и глобального потепления (GWP), обладает высоким термодинамическим совершенством и благоприятными теплофизическими характеристиками. Аммиак не случайно имеет столь высокий интерес у компаний-разработчиков современной холодильной техники. Широкое применение аммиака в холодильной технике, высокая степень изученности теплофизических свойств и накопленный за последнее столетие опыт эксплуатации аммиачных холодильных машин и работы с аммиаком являются неоспоримыми преимуществами перед новыми типами синтетических рабочих веществ.

Применение природных рабочих хладагентов должно решать не только экологические проблемы, но одновременно и повышать уровень энергоэффективности холодильных машин. Ввиду отсутствия субсидий или налоговых льгот на холодильное оборудование, работающее на природных рабочих веществах, особое внимание должно уделяться и конечной стоимости нового оборудования. Капзатраты на ввод в эксплуатацию холодильного оборудования на аммиаке должны быть сопоставимы со стоимостью уже имеющихся на рынке фреоновых холодильных машин.

На современном этапе развития холодильной техники можно констатировать, что в