

Воронова Тамара Сергеевна,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: candell@mail.ru

Мазур Владимир Геннадьевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: systems-ntfs@mail.ru

Пудалов Алексей Дмитриевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: puddim@yandex.ru

УСТАНОВКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

Voronova T.S., Mazur V.G., Poudalov A.D.

INSTALLATION OF STEAM-GAS MIXTURES TO DETERMINE THE CHARACTERISTICS OF SORPTION SENSORS

Аннотация. Поставлена проблема разработки и исследования чувствительных элементов. Для ее решения предложено создание установки парогазовых смесей с заданными параметрами, необходимыми для чувствительных элементов. Приведена установка насытителя и блок-схема установки для создания парогазовых смесей. Приведена зависимость объемной концентрации паров исследуемого органического вещества от давлений, создаваемых установкой.

Ключевые слова: чувствительный элемент, парогазовая смесь, объемная концентрация паров.

Abstract. The problem of the development and research of sensitive elements is posed. To solve it, it is proposed to create an installation of steam-gas mixtures with the specified parameters necessary for sensitive elements. The installation of a saturator and a block diagram of an installation for creating steam-gas mixtures are given. The dependence of the volume concentration of vapors of the investigated organic matter on the pressures created by the installation is given.

Keywords: sensitive element, vapor-gas mixture, volume vapor concentration.

Как известно, основным элементом любого газоанализатора является чувствительный элемент (ЧЭ). Его разработка требует больших научных и технологических усилий, поскольку к ЧЭ предъявляется большое количество требований. Так, помимо главного требования – параметрической чувствительности к определяемому компоненту – он должен обладать стабильностью характеристик, быстродействием, селективностью, надежностью, коррозионной стойкостью и др. [1].

Для изучения и совершенствования большинства этих характеристик необходимо использование парогазовых смесей (ПГС) с заданным количественным составом. Универсального устройства для решения этой задачи не существует. Это объясняется в основном тем, что номенклатура анализируемых веществ огромна, а также отличаются диапазоны требуемых концентраций. Так, устройства, предназначенные для создания с удовлетворительной точностью макрокonzентраций анализируемой ПГС, чаще всего неприменимы для задания микроkonzентраций.

Для приготовления ПГС используют статические и динамические газосмесительные установки [2]. Статические установки по методам создания ПГС подразделяются на весовые, объемные и манометрические. Последний из этих методов наиболее простой, но имеет большую погрешность создаваемых концентраций (до 10 %). Именно этот метод обычно используется для приготовления ПГС в баллонах. Для получения более точных результатов пользуются эталонными газоанализаторами или лабораторными аналитическими методами. Динамические установки различного типа применяют обычно для нестабильных и агрессивных компонентов ПГС, а также при создании очень малых и микроконцентраций анализируемого компонента.

На этапе разработки ЧЭ для газоанализаторов необходимо использовать ПГС с различными компонентами, т.к. следует не только определить параметрическую чувствительность ЧЭ к интересующему компоненту, но и к другим веществам, например для оценки селективности. Покупка для этих целей заводских баллонов с сертифицированными поверочными ПГС нецелесообразна из-за дороговизны и больших временных затрат. Поэтому разработчики обычно создают собственные установки, способные решать поставленные задачи с приемлемой точностью и оперативностью.

Подобная задача встала перед разработчиками нового чувствительного элемента, способного детектировать концентрации органических паров для применения его в хроматографическом детекторе. Работа проводилась на базе Ангарского ОКБА. Детектор должен был определять в гомологическом ряду концентрации большого класса органических веществ: алканы (гексан, гептан, октан, нонан, декан), арены (бензол, толуол, ксилол), спирты (метанол, пропанол, бутанол), амины (диэтиламин, триэтиламин). Работа ЧЭ основывалась на сорбционно-частотном методе и заключалась в подборе подходящего сорбционного покрытия. В соответствии с задачей был произведен выбор подходящих сорбентов и отработана технология нанесения тонких пленок различных сорбентов на пьезоэлементы. На следующем этапе нужно было определить параметрическую чувствительность полученных вариантов ЧЭ к перечисленным углеводородам для определения лучших вариантов.

Для снятия статических характеристик ЧЭ потребовалась установка, способная создавать заданные концентрации перечисленных выше углеводородов. Было принято решение использовать для этой цели принцип работы, примененный ранее для образцового генератора влажности типа «Родник» и защищенный авторским свидетельством [3]. Следует отметить, что точность поддержания относительной влажности этим генератором такова, что на его базе создан эталон влажности воздуха [4]. Основным элементом генератора является насытитель, конструкция которого и режимы работы обеспечивают создание заданной концентрации водяного пара в динамическом режиме.

Насытитель [5] представляет собой сосуд из нержавеющей стали (рисунок 1) в виде двух (внешнего 1 и внутреннего 2) совмещенных и сообщающихся посредством распылителя коаксиальных цилиндров, заполненных водой до определенного уровня. Распылитель 3 представляет собой мелкие отверстия, расположенные на определенном расстоянии друг от друга в нижней части внутреннего цилиндра и служащие для дробления потока газа на отдельные мелкие пузырьки.

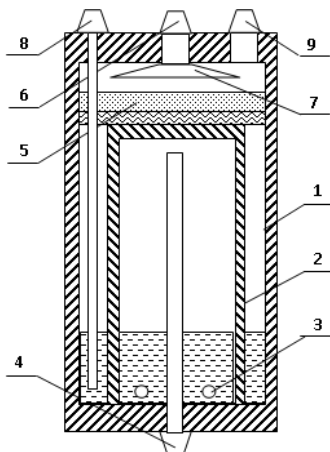


Рисунок 1 – Насытитель

1 – цилиндр внешний; 2 – цилиндр внутренний; 3 – распылитель;
4 – штуцер входа газа; 5 – фильтры; 6 – штуцер выхода газа; 7 – брызгоотделитель; 8 – штуцер для залива воды; 9 – штуцер для подсоединения манометра

Рабочий газ под давлением подается в насытитель через штуцер 4, вытесняет воду через отверстия насытителя из полости внутреннего цилиндра во внешний, барботирует через столб воды, проходит фильтры 5 и выходит через штуцер 6. При барботировании газ увлажняется до насыщения. Фильтры 5 и брызгоотделитель 7 служат для улавливания и отделения капель воды от потока газа. Фильтры, обладая большой активной поверхностью, являются также дополнительными увлажнителями газа. Штуцеры 8 и 9 служат, соответственно, для залива воды и подключения манометра.

Упругость насыщенных водяных паров в диапазоне выбранных давлений в насытителе зависит только от температуры. Принцип действия генератора основан на том, что при насыщении в насытителе газа влагой при повышенном давлении и стабильной температуре производят последующее понижение давления в рабочей камере с испытуемыми гигрометрами (практически до атмосферного). При выходе газа из насытителя происходит увеличение его объема пропорционально понижению давления. В той же мере уменьшается и влажность относительно получаемой при насыщении. Таким способом можно создавать различные концентрации влажности в газе.

Этот принцип был использован и для органических жидкостей для создания ПГС. На рисунке 2 представлена блок-схема установки для создания ПГС и определения статических характеристик (СХ) исследуемых чувствительных элементов.

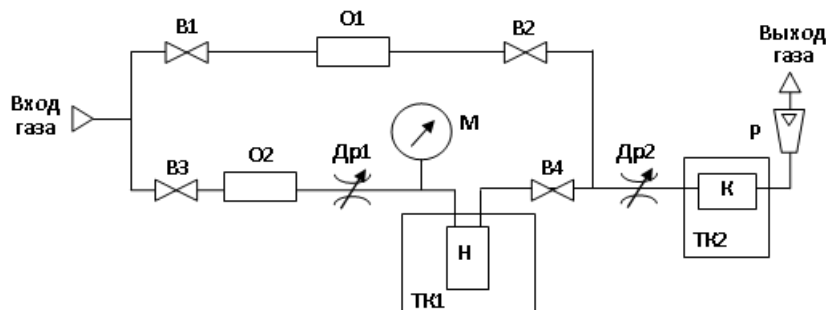


Рисунок 2- Блок-схема установки для создания парогазовых смесей
 В1, В2, В3, В4 – вентили; Д1, Д2 – дроссели; М – манометр образцовый;
 О1, О2 – осушители; Н – насытитель; К – камера с ЧЭ; ТК1, ТК2 –
 термокриостаты

Насытитель Н вместо воды заполнялся соответствующей органической жидкостью и помещался в термокриостат ТК1, с помощью которого устанавливалась температура насытителя а, следовательно, и давление насыщенных паров органической жидкости. Камера К с чувствительными элементами помещалась в другой термостат ТК2, в котором поддерживалась температура плюс $(20 \pm 0,2)$ °С. В качестве газа-носителя использовался азот. Для определения СХ вначале определялся частотный выходной сигнал ЧЭ при отсутствии органических паров. Для этого при закрытых вентилях В3 и В4 (т.е. насытитель отсекался от потока газа) в камеру с ЧЭ при открытых вентилях В1 и В2 подавался поток осушенного осушителем О1 азота. После фиксации неизменных показания ЧЭ «сухая» линия перекрывалась этими вентилями. Затем при открытом вентиле В3 в насытителе, выдержанном при заданной температуре с помощью термокриостата ТК1, устанавливалось необходимое давление газа. Затем при открытом вентиле В4 в рабочую камеру начинала поступать осушенная осушителем О2 испытываемая ПГС. Осушители использовались для исключения влияния влаги на результаты измерений. Требуемое избыточное давление в насытителе устанавливалось с помощью дросселя Др1 и измерялось манометром М. Дросселем Др2 поддерживался постоянный расход 500 мл/мин, который контролировался ротаметром Р.

Объемная концентрация паров исследуемого органического вещества в ПГС рассчитывалась по формуле:

$$C_{ppm} = \frac{P_H \cdot 10^6}{P_I + P_B + P_H}, \text{ млн}^{-1},$$

где P_H – табличное давление насыщенных паров исследуемого вещества при температуре стабилизации насытителя, мм рт. ст.;

P_I – избыточное давление в насытителе, мм рт. ст.;

P_B – барометрическое давление, мм рт. ст.

При необходимости использовать весовую концентрацию (C) вместо объемной концентрации (C_{ppm}) в соответствии можно использовать формулу:

$$C = \frac{\mu \cdot 10^{-3} \cdot C_{ppm} \cdot P_B}{RT}, \text{ мг/м}^3,$$

где μ – молярная масса исследуемого вещества, г;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T – абсолютная температура насытителя, К.

С использованием представленной установки были получены результаты, опубликованные в работе [6], которые впоследствии были использованы для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Колмогоров, А. Г., Воронова, Т. С.** Технические измерения и приборы. Часть 2. Приборы аналитического контроля. Методы и средства контроля геометрических и механических величин: / Колмогоров А. Г., Воронова Т. С. – Ангарск: АГТА, 2010. – 188 с. – Текст : непосредственный.

2. **ООО «Центральная метрологическая лаборатория»**, Методы и средства газового анализа / Центральная метрологическая лаборатория. [Электронный ресурс] – URL: <https://centrmetrolab.ru/poverka-signalizatorov>. (дата обращения 28.02.2023).

3. **Авторское свидетельство № 534724.** Белошицкий А. П., Симулик М. Д., Иващенко В. Е. Устройство для калибровки и поверки влагомеров. Заявл: 23.04.1975 г. Опубл. 05.11.1976 г.

4. **ООО «Спецпроект»**, Групповой эталон влажности воздуха [Электронный ресурс] – URL: <https://spmeteo.ru> (дата обращения 28.02.2023).

5. **Паспорт на прибор РОДНИК-2.** Генератор влажного газа образцовый динамический РОДНИК-2. Паспорт 5К2.844.067 ПС.

6. **Воронова, Т. С, Липнин, Ю. А., Мазур, В. Г., Пудалов, А. Д.** Исследование сорбционных покрытий пьезокварцевого резонатора с целью разработки приборов контроля органических примесей в газах / Воронова Т. С, Липнин Ю. А., Мазур В. Г., Пудалов А. Д. – Текст : непосредственный // Измерительная техника. – 2019, № 4. С.67-71.