

Поверочные газовые смеси — метрологическая основа безопасности жизнедеятельности

¹*АБДИРОВ Данияр Абубакирович, директор, d.abdirov@ksm.kz,

¹АЛЕКСАНДРОВ Владимир Владимирович, заместитель директора, v.aleksandrov@ksm.kz,

¹КАКИМЖАНОВ Серик Касымович, магистрант, ведущий специалист, s.kakimzhanov@ksm.kz,

¹КФ РГП «КазСтандарт», Казахстан, Караганда, ул. Анжерская, 22/2,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье уделено внимание влиянию загрязнения воздушной среды на безопасность жизнедеятельности человека. Рассмотрен вопрос производства и применения отечественных стандартных образцов поверочных газовых смесей в качестве метрологической основы в процессе обеспечения безопасности жизнедеятельности. Представлена общая информация о стандартных образцах поверочных газовых смесей — метрологическом назначении, видах, способах производства, фасовки. В статье приводится анализ освоенной Карагандинским филиалом Республиканского государственного предприятия «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» номенклатуры производимых поверочных газовых смесей. Особое внимание уделено компонентному составу производимых стандартных образцов. Исследован спрос на указанные стандартные образцы в стране. Приведены перспективы дальнейшего расширения производства.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, экология, загрязнение воздуха, контроль, стандартные образцы, государственный эталон, поверочные газовые смеси, газовая хроматография, метрология, стандартизация, средства поверки, национальный стандарт, реестр средств измерений, производство.

Введение

Контроль за загрязнением атмосферного воздуха, воздушной среды на производстве токсичными и воспламеняющимися газами имеет одно из первостепенных значений в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека. Влияние токсичных веществ на человеческий организм приводит к нарушению нормальной работы организма и, как следствие, росту различных заболеваний, особенно хронических и острых респираторных, заболеваний сердечно-сосудистой системы. Согласно опубликованной Всемирной Организацией Здравоохранения информации к началу 2020 года лишь 1% населения земного шара проживал в районах с показателями уровня загрязнения воздуха, не превышающими установленные согласно рекомендациям Организации [1]. Контроль за уровнем допустимых концентраций горючих газов на производстве также является одним из важных факторов обеспечения безопасности труда. Вопрос является особенно актуальным в Карагандинском регионе — регионе с высокоразвитой угледобывающей, горно-металлургической промышленностью.

Одними из наиболее распространенных и опасных загрязнителей воздушной среды являются такие газообразные соединения как оксиды азота, угарный газ, углеводороды, оксиды серы,

озон и другие летучие органические соединения [2]. Качественный состав окружающего воздуха обусловлен концентрацией загрязняющих компонентов не только на производственных территориях, но и в жилых зонах. Контроль концентрации газовых соединений в воздушной среде осуществляется с помощью разнообразных газоанализаторов, газоаналитических установок, газовых детекторов, сигнализаторов загазованности, производство и эксплуатация которых немыслима без применения стандартных образцов поверочных газовых смесей (далее — ПГС), являющихся основным средством их поверки.

Объект и методы исследования

Согласно СТ РК 2.118-2018 «Государственный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах» ПГС являются стандартными образцами газовых смесей для поверки, калибровки и испытаний средств измерений концентрации компонентов в газовых соединениях, аттестации методик выполнения измерений, а также оценки точности результатов измерений, выполняемых по стандартизированным методикам.

Приготовление ПГС осуществляется с помощью смешения чистых газов в требуемых пропорциях. Производятся согласно заказу в соответ-

ствии с требованиями технического задания.

В зависимости от границ относительной погрешности аттестации содержания (концентрации) определяемого компонента ПГС выполняют функцию рабочих эталонов нулевого, первого и второго разрядов согласно СТ РК 2352-2019 «Поверочные газовые смеси. Технические условия».

При утверждении типа стандартных образцов поверочных газовых смесей устанавливаются такие основные характеристики, как:

- компонентный состав;
- концентрация (диапазон концентраций) исходного компонента;
- допуск на приготовление, представляющий собой разброс действительного значения концентрации исходного компонента от номинального значения концентрации исходного компонента в смеси;
- погрешность действительного значения концентрации исходного компонента в смеси [3].

Исходя из состава, поверочные газовые смеси подразделяются на следующие группы:

- бинарные – состав газовой смеси из двух компонентов – исходного газа (например, кислород (O_2), водород (H_2), метан (CH_4) и др.) в газе-разбавителе (как правило, это азот (N_2), воздух или гелий (He));

- бинарные газовые смеси с химически активными компонентами, к которым относятся диоксид азота (NO_2), аммиак (NH_3), диоксид серы (SO_2) и сероводороды (H_2S), хлор (Cl) и др.;

- имитаторы природного газа (ИПГ) – включают 10 и более различных компонентов, присутствующих в природном газе (состав ИПГ может включать пропан (C_3H_8), этан (C_2H_6), водород (H_2), кислород (O_2), азот (N_2), диоксид углерода (CO_2), бутан (C_4H_{10}), изобутан ($(CH_3)_3CH$), пентан C_5H_{12} , декан ($C_{10}H_{22}$), гексан (C_6H_{14}), октан (C_8H_{18}), гептан (C_7H_{16}), толуол (C_7H_8), нонан (C_9H_{20}), бензол (C_6H_6), гелий (He), метанол (CH_3OH). Имитаторы природного газа используются в качестве стандартных образцов при проведении поверки, калибровки и градуировки таких средств измерения, как газоанализаторы, газовые хроматографы и др., которые применяются в процессе определения состава природных газов;

- трансформаторные смеси представляют собой газовые смеси, включающие в себя 5-9 различных исходных компонентов, как азот (N_2), водород (H_2), кислород (O_2), оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2), ацетилен (C_2H_2), этилен (C_2H_4), метан (CH_4), этан (C_2H_6) в газе-разбавителе аргоне (Ar) или гелии (He), данные смеси предназначены для поверки и калибровки средств измерения, используемых для определения газов, растворенных в трансформаторном масле;

- автомобильные газовые смеси – смеси, включающие в себя оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2), пропан (C_3H_8), кислород (O_2) и азот (N_2);

- серосодержащие газовые смеси – смеси, со-

став которых включает содержащие серу компоненты: сероводород (H_2S), оксиды серы (SO), этилмеркаптан (C_2H_5SH), метилмеркаптан (CH_3SH), сероуглероды (CS_2) в газе-разбавителе азоте (N_2) или гелии (He) [4].

Баллоны, используемые для приготовления и последующей поставки потребителям поверочных газовых смесей, могут быть следующими:

- стальными по ГОСТ 949-73 (углеродистая или легированная сталь);
- из нержавеющей стали по ТУ 14-3 Р-08-94;
- металлокомпозитные баллоны (МКБ) по ТУ 7551-002-23204567-99, выполненные из композиционной оболочки с использованием углеволокна и внутреннего лейнера из нержавеющей стали;
- алюминиевыми по ТУ 1411-0916-03455343-2002 (рисунок 1).

Вместимость баллонов может варьироваться преимущественно от 1 литра до 12, в некоторых случаях достигать до 40 литров. Перед наполнением баллоны проверяются на действующий срок освидетельствования, а также осматривается внутренняя полость. В случае необходимости производится механическая очистка и термовакуумная десорбция баллонов. Очищенные баллоны вакуумируются и наполняются необходимыми газовыми компонентами. Помимо этого, в зависимости от наполняемых компонентов и их концентрации, может потребоваться обработка внутренней полости церезином.

На поверхность баллонов наносится специальный знак в виде ромба с надписью «ПГС». Также баллоны маркируются цветными полосами согласно компонентному составу газовой смеси.

Баллоны с поверочной газовой смесью оборудуются вентилями с мембранной конструкцией следующих типов:

- латунными типа КВ-1М, КВ-1П для негорючих смесей;



Рисунок 1 – Баллоны из углеродистой стали емкостью 5 л. с латунным вентилем

- латунными типа ВВ-55, ВВБ-54 для горючих смесей;
- латунными ВК-94 и ВК-86 для смесей с содержанием кислорода более 21%;
- из нержавеющей стали ВС-16 и ВС-16М для смесей с химически активными компонентами.

В комплект поставки ПГС входит:

- баллон с ПГС;
- паспорт;
- заглушка вентиля;
- колпак (для баллонов большой емкости);
- башмак (для баллонов с овальным дном).

Паспорт поверочной газовой смеси содержит следующую информацию:

- компонентный состав;
- абсолютная погрешность;
- срок годности;
- сведения о токсичности и горючести;
- сведения о типе баллона и вентиля;
- регистрационный номер в реестре Государственной системы обеспечения единства измерений;
- указания по хранению и эксплуатации.

Паспорт во влагонепроницаемом пакете прикрепляется к баллону либо выдается потребителю отдельно. В таком случае к баллону дополнительно крепится выписка из паспорта с основной информацией о данном экземпляре стандартного образца ПГС [5].

В 2010 году в Карагандинском филиале Республиканского государственного предприятия «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» (РГП «КазСтандарт») организовано единственное в стране производство ПГС. Производственный корпус площадью 400 м² располагается в отдельно стоящем здании и включает в себя лабораторию аттестации ПГС, помещение для приготовления поверочных газовых смесей,

цех термовакuumной десорбции наполняемых баллонов, цех производства газообразного азота, цех освидетельствования баллонов, ремонтно-механический участок. Производственный процесс отвечает требованиям нормативных документов Республики Казахстан касательно норм и правил безопасности на производстве, пожарной безопасности, технической эксплуатации средств измерений и оборудования.

В производстве задействованы две газосмесительные установки (ГСУ) для приготовления ПГС 1-го и 2-го разрядов, одна ГСУ – для приготовления ПГС 0-го разряда, а также многокомпонентных смесей (рисунок 2).

Приготовление ПГС 0-го, 1-го и 2-го разрядов осуществляется на газосмесительных установках с помощью смешивания исходных чистых газов в необходимом соотношении методом парциальных давлений. Метод заключается в измерении с помощью манометров парциальных давлений компонентов, напускаемых в баллон.

Аттестация компонентного состава ПГС 0-го разряда проводится с помощью гравиметрической установки.

Аттестация компонентного состава приготовленных смесей 1-го и 2-го разрядов проводится в лаборатории на аналитическом оборудовании (хроматографы, ИК-Фурье спектрометры) методом компарирования с ПГС 0-го разряда.

Номенклатура выпускаемой продукции представлена 423 типами поверочных газовых смесей в широком диапазоне концентраций со следующими аттестованными компонентами: метан в азоте ($\text{CH}_4\text{-N}_2$) в диапазоне от 0,005 до 92% об., метан в воздухе ($\text{CH}_4\text{-воздух}$) в диапазоне от 0,00025 до 4,75% об., пропан в азоте ($\text{C}_3\text{H}_8\text{-N}_2$) в диапазоне от 0,01 до 6,0% об., пропан в воздухе ($\text{C}_3\text{H}_8\text{-воздух}$) в диапазоне от 0,048 до 5,0% об., пропан в гелии



Рисунок 2 – ГСУ для приготовления ПГС 1-го и 2-го разряда

(C_3H_8-He) в диапазоне от 0,030 до 5,0% об., окись углерода в азоте ($CO-N_2$) в диапазоне от 0,00013 до 95% об., окись углерода в воздухе ($CO-воздух$) в диапазоне от 0,0001 до 4,75% об., диоксид углерода в азоте (CO_2-N_2) в диапазоне от 0,0015 до 47,5% об., диоксид углерода в воздухе ($CO_2-воздух$) в диапазоне от 0,0001 до 4,75% об., водород в азоте (H_2-N_2) в диапазоне от 0,0001 до 4,5% об., водород в воздухе ($H_2-воздух$) в диапазоне от 0,0001 до 4,5% об., кислород в азоте (O_2-N_2) в диапазоне от 0,001 до 95% об., сероводород в азоте (H_2S-N_2) в диапазоне от 0,0001 до 4,0% об., сероводород в воздухе ($H_2S-воздух$) в диапазоне от 0,0001 до 4,0% об., сероводород в гелии (H_2S-He) в диапазоне от 0,0011 до 1,5% об., метилмеркаптан в азоте (CH_3SH-N_2) в диапазоне от 0,0001 до 0,2% об., этилмеркаптан в азоте ($C_2H_5SH-N_2$) в диапазоне от 0,0001 до 0,5% об., имитаторы природного газа, многокомпонентными газовыми смесями, в том числе автогазы и трансформаторные смеси, ПГС с химически активными компонентами (аммиак, диоксид серы и диоксид азота в азоте/воздухе в диапазоне от 0,0001 до 1,0 мол. %). Из которых 161 тип Государственных стандартных образцов (ГСО) ПГС внесен в Реестр Межгосударственных стандартных образцов.

Аттестация двух и многокомпонентных ГСО ПГС нулевого разряда, в том числе ПГС для анализа трансформаторного масла, имитаторы природного газа) проводится гравиметрическим методом в соответствии с СТ РК 2129-2019 «Анализ газа. Приготовление калибровочных газовых смесей. Гравиметрический метод».

Аттестация ГСО ПГС с химически активными компонентами (аммиак, диоксид серы, диоксид азота) проводится с использованием ИК-Фурье спектрометра.

Аттестация ГСО ПГС первого и второго разрядов, в том числе измерение перманентных га-

зов: кислород, водород, азот, метан, гелий, диоксид углерода в бинарных газовых смесях от 0,0001 до 10% об. доли, измерение микроконцентраций кислорода, водорода, углеводородов, оксидов углерода, измерение многокомпонентных газовых смесей (от 4 до 13 компонентов в 1 смеси), измерение серосодержащих компонентов (сероводород, этил и метилмеркаптаны), измерение инертных газов в диапазоне от 10 до 90% об. доли проводится с помощью хроматографического комплекса из состава Государственного эталона молярной доли компонентов в газовых средах Республики Казахстан (рисунок 3).

Все производимые типы ПГС внесены в реестр Государственной системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан, имеют сертификат происхождения товара формы СТ КЗ. Доля казахстанского содержания составляет от 90,48% до 99,81%, в зависимости от типа ПГС.

Имеется Свидетельство Региональной метрологической организации КООМЕТ о признании системы менеджмента качества РПП «КазСтандарт» по ISO 17034:2016 Общие требования к компетентности производителей стандартных образцов.

Качество, точность, метрологическая прослеживаемость производимых ГСО ПГС обеспечивается размещенным в РПП «КазСтандарт» Государственным эталоном единицы молярной доли компонентов в газовых средах и участием в международных сличениях в области газового анализа. На сегодняшний день в базе данных Международного бюро мер и весов опубликовано 8 СМС-строк.

Поверочные газовые смеси производятся в соответствии с требованиями национального стандарта Республики Казахстан СТ РК 2352-2019 «ГСИ РК. Поверочные газовые смеси. Технические условия» (рисунок 4).



Рисунок 3 – Хроматографический комплекс на базе газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2»



Рисунок 4 – Готовые к отгрузке баллоны с ПГС

Выводы

Производство ПГС в Карагандинском филиале РГП «КазСтандарт» обеспечивает потребность предприятий Республики Казахстан отечественными поверочными газовыми смесями. С 2010 года произведено более 10 тысяч стандартных образцов для удовлетворения потребности в ПГС таких предприятий, играющих значимую роль в обеспечении безопасности жизнедеятельности и выполняющих экологический мониторинг, как РГП «Казгидромет», филиалы ТОО «РЦШ ПВАСС», поверочные, калибровочные и испытательные лаборатории АО «НаЦЭкС», ТОО «КазЦМ», ТОО «KazMedServiceGroup», ТОО «QHSE-Akbarys», ТОО «MunaiGasEngineering», ТОО «Global Standart Inc», ТОО «ҮКК» и др. Помимо этого, крупными потребителями отечественных ПГС являются такие отрасли промышленности, как металлургия (Аксуский завод ферросплавов ТНК «КазХром», АО «Актюбинский завод хромовых соединений», АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «Ульбинский металлургический завод», АО «Алюминий Казахстана», АО «Титано-магнийевый комбинат» и др.), энергетика (АО «KEGOC», АО «Евразийская энергетическая корпорация»,

ТОО «МАЭК Казатомпром», АО «Экибастузская ГРЭС», АО «Севказэнерго», АО «Павлодарэнерго», АО «Шыгысэнергохолдинг» и др.), угольная промышленность (Угольный департамент АО «Арселор Миттал Темиртау»), нефтегазовая отрасль (АО «Интергаз Центральная Азия», АО «Казтрансойл», АО «Казахойл Ақтобе», АО «СНПС АқтобеМунайГаз», ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», NCOC, Карачаганак Петролеум Оперейтинг и др.).

В планах на ближайшие годы обновление и модернизация производственного и аналитического оборудования, а также разработка новых типов ПГС:

- ПГС на основе химически активных компонентов (NO , N_2O , Cl_2 , HCl и др.);
- ПГС имитаторов природного газа (от ИПГ-14 до ИПГ-17) от C_6 до C_{10} ;
- ПГС состава серосодержащих соединений (меркаптаны от C_3);
- ПГС состава широкой фракции углеводородных газов;
- ПГС состава сжиженных углеводородных газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загрязнение атмосферного воздуха [Электронный ресурс]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения 10.09.2022).
2. Горшков М.В. Экологический мониторинг: Учебное пособие. – Владивосток: Издательство ТГЭУ, 2010. – 313 с.
3. СТ РК 2352-2019 Поверочные газовые смеси. Технические условия.
4. Технологический регламент на производство поверочных газовых смесей. Версия 5.1. Караганда. РГП «КазСтандарт», 2018.
5. СТ РК 2.118-2018 «Государственный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах».

Салыстырып тексеру газ қоспалары – тіршілік қауіпсіздігінің метрологиялық негізі

¹***АБДИРОВ Данияр Абубакирович**, директор, d.abdirov@ksm.kz,

¹**АЛЕКСАНДРОВ Владимир Владимирович**, директордың орынбасары, v.aleksandrov@ksm.kz,

¹**КАКИМЖАНОВ Серик Касымович**, магистрант, жетекші маман, s.kakimzhanov@ksm.kz,

¹«ҚазСтандарт» РМК ҚФ, Қазақстан, Қарағанды, Анжерская көшесі, 22/2,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада адам өмірінің қауіпсіздігіне әсер ететін ауа ластануына назар аударылады. Тұрмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету процесінде метрологиялық негіз ретінде салыстырып тексеру газ қоспаларының отандық стандартты үлгілерін өндіру және қолдану мәселесі қаралды. Салыстырып тексеру газ қоспаларының стандартты үлгілері – метрологиялық мақсаты, түрлері, өндіру тәсілдері, өлшеп-орау туралы жалпы ақпарат ұсынылған. Мақалада «Қазақстан стандарттау және метрология институты» республикалық мемлекеттік кәсіпорнының Қарағанды филиалы игерген салыстырып тексеру газ қоспаларының номенклатурасына талдау келтіріледі. Өндірілетін стандартты үлгілердің компоненттік құрамына ерекше назар аударылады. Елдегі көрсетілген стандартты үлгілерге сұраныс зерттелді. Өндірісті одан әрі кеңейту перспективалары келтірілген.

Кілт сөздер: тіршілік қауіпсіздігі, экология, ауаның ластануы, бақылау, стандартты үлгілер, мемлекеттік эталон, салыстырып тексеру газ қоспалары, газ хроматографиясы, метрология, стандарттау, тексеру құралдары, ұлттық стандарт, өлшеу құралдарының тізілімі, өндіріс.

Verification Gas Mixtures are the Metrological Basis of Life Safety

¹***ABDIROV Daniyar**, Director, d.abdirov@ksm.kz,

¹**ALEXANDROV Vladimir**, Associate Director, v.aleksandrov@ksm.kz,

¹**KAKIMZHANOV Serik**, Master Student, Leading Specialist, s.kakimzhanov@ksm.kz,

¹KB RSE «KazStandart», Kazakhstan, Karaganda, Anzherskaya Street, 22/2,

*corresponding author.

Abstract. The article pays attention to the influence of air pollution on the safety of human life. The issue of production and application of domestic standard samples of calibration gas mixtures as a metrological basis in the process of ensuring the safety of life is considered. General information is provided on standard samples of calibration gas mixtures – metrological purpose, types, methods of production, packaging. The article provides an analysis of the nomenclature of produced calibration gas mixtures mastered by the Karaganda branch of the Republican State Enterprise «Kazakhstan Institute of Standardization and Metrology». Special attention is paid to the component composition of the standard samples produced. The demand for these standard samples in the country has been investigated. The prospects for further expansion of production are given.

Keywords: life safety, ecology, air pollution, control, standard samples, state standard, calibration gas mixtures, gas chromatography, metrology, standardization, verification tools, national standard, register of measuring instruments, production.

REFERENCES

1. Atmospheric air pollution [Electronic resource]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed 10.09.2022).
2. Gorshkov M.V. Environmental monitoring: A textbook. – Vladivostok: Publishing House of TSEU, 2010. – 313 p.
3. ST RK 2352-2019 Calibration gas mixtures. Technical conditions.
4. Technological regulations for the production of calibration gas mixtures. Version 5.1. Karaganda. RSE «KazStandart», 2018.
5. ST RK 2.118-2018 «State standard and state verification scheme for measuring the content of components in gaseous media».