

Передача единицы счетной концентрации легких аэроионов от эталона рабочим средствам измерений

С. В. КОЛЕРСКИЙ, А. В. ЖУРАВЛЕВ, С. С. КОЛЕРСКАЯ, П. Н. ЗУБКОВ

Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений, Менделеево, Россия, e-mail: mera@vniiftri.ru

Дано описание принципа действия, состава и структуры рабочего эталона счетной концентрации, применяемого при поверке аспирационных счетчиков легких аэроионов.

Ключевые слова: *легкие аэроионы, счетная концентрация, аэроионный состав воздуха, объемная плотность электрического заряда, ионизированный воздух, эталонные счетчики.*

The description of operation principle, composition and structure of count concentration working standard used for verification of counters of aspiration light air ions is given.

Key words: *light air ions, count concentration, counters, air ion composition of air, volume density of electric charge, ionized air, standard counters.*

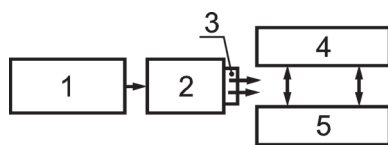
Легкие аэроионы — электрически заряженные атомы, молекулы или их комплексы, взвешенные в атмосферном воздухе, размером 0,3—1,2 нм с положительным и (или) отрицательным зарядами, равными одному элементарному заряду, и подвижностью в интервале 0,5—2,5 см²·с⁻¹·В⁻¹ [1]. Их количественная характеристика — счетная концентрация, которую измеряют аспирационными счетчиками легких ионов.

Средние, тяжелые и ультратяжелые ионы представляют собой аэрозольные частицы нанометрового диапазона (размером менее 100 нм). Средний заряд этих частиц — более одного элементарного заряда, подвижность — от 10⁻⁴ см²·с⁻¹·В⁻¹ (тяжелые ионы) до 0,5 см²·с⁻¹·В⁻¹ (средние ионы). Количественной характеристикой таких ионов является полярная объемная плотность электрического заряда (ОПЭЗ), равная произведению среднего заряда на счетную концентрацию ионов и измеряемая универсальными счетчиками ионов.

Результаты измерений аэроионного состава воздуха востребованы в медицине, сельском хозяйстве, промышленности, капитальном строительстве, экологии, в области обороны и безопасности, санитарной эпидемиологии при аттестации рабочих мест, в различных технологиях и в быту. Например, контроль аэроионного состава воздуха на соответствие эргономическим требованиям является обязательным для гермозамкнутых объектов жизнеобеспечения [2], санитарно-гигиеническим требованиям — для производственных и общественных помещений [3]. Средства измерений (СИ) аэроионного состава воздуха используют во всех случаях эксплуатации аэроионизирующего оборудования (аэроионизаторы медицинские, технологические, бытовые, системы автоматического регулирования аэроионного состава воздуха и др.), которое изготавливают и применяют в РФ и за рубежом в большом количестве. Аналогичная аппаратура производится и эксплуатируется в США, странах Евросоюза, Японии и Китае. Например, в Японии действует промышленный стандарт [4], определяющий нормативы содержания ионов в воздухе и метод измерения счетной концентрации ионов.

Указанные СИ счетной концентрации легких ионов в нашей стране используют в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора [5]. Так, для проведения испытаний и поверки указанной аппаратуры в качестве исходного эталона применяли установку высшей точности УВТ-106-А-2004 [6—8]. На основе этой установки во ВНИИФТРИ создан и утвержден государственный эталон ГЭТ 177—2010 [9], который обеспечивает воспроизведение размера единицы счетной концентрации биполярных и униполярных легких ионов в диапазоне 1·10² — 1,2·10⁶ см⁻³. Его технические и метрологические характеристики соответствуют требованиям государственной поверочной схемы [10] и подробно описаны в [11]. В соответствии с [10] ГЭТ 177—2010 предназначен для передачи единицы счетной концентрации легких ионов рабочим СИ через рабочие эталоны (РЭ). В качестве РЭ применяют эталонные счетчики легких ионов, комплектуемые генератором легких ионов на основе радионуклидных аэроионизаторов. При помощи этих генераторов создают среду сравнения.

Принцип действия РЭ заключается в создании среды сравнения — ионизированного воздуха с воспроизводимыми значениями концентрации легких ионов, измерении параметров этой среды эталонным счетчиком и поверяемым СИ и сравнении результатов измерений путем определения относительного отклонения $\theta_{\bar{p}}$ среднего арифметического значения \bar{p} результата измерений поверяемым счетчиком от действительного значения p концентрации ионов РЭ, полученного по показаниям эталонного счетчика. Найденные относительные отклонения $\theta_{\bar{p}}$ для всех значений концентрации легких ионов, используемых при поверке, не должны превышать разности предела основной относительной погрешности Δ_0 поверяемых счетчиков, указанной в его документации, и суммы основной относительной погрешности РЭ и относительной случайной погрешности измерения концентрации ионов поверяемым счетчиком, определенной в соответствии с рекомендацией [12, п. 8.2].



Структурная схема рабочего эталона:

1 — устройство (система) подачи, очистки и деионизации воздуха (СПОД); 2 — генератор легких ионов; 3 — переходник от генератора легких ионов к поверяемому счетчику; 4 — эталонный счетчик легких ионов; 5 — рабочий счетчик легких ионов

Структурная схема РЭ концентрации легких ионов приведена на рисунке. Система подачи, очистки и деионизации (СПОД) 1 служит для подачи на вход генератора легких ионов 2 очищенного (от аэрозолей, паров масел и летучих веществ, способных создавать средние и тяжелые ионы) и деионизированного воздуха и стабилизации, измерений

и регулирования его объемного расхода в диапазоне 120—300 л/мин. Эта система состоит из воздухоподувки, фильтров очистки воздуха, устройств регулирования, стабилизации и измерений расхода воздуха и деионизатора. Фильтры предварительной и сорбционной очистки (угольный фильтр) установлены на входе воздухоподувки, а фильтры грубой и тонкой очистки — на выходе перед деионизатором. В деионизаторе должны осаждаться все ионы с подвижностью более $0,05 \text{ см}^{-3}$.

На рисунке не показаны вспомогательные средства: столы для размещения генератора легких ионов и преобразователя расхода воздуха, подставки для генератора и счетчика легких ионов, преобразователь расхода воздуха (в держателе) и гибкий воздуховод от СПОД к генератору легких ионов.

Характеристики на выходе СПОД:

запыленность воздуха не выше 6-го класса чистоты [13];
счетная концентрация легких ионов не более 50 см^{-3} .

Генератор легких ионов 2 состоит из радионуклидного аэроионизатора, камеры выдержки и электростатического осадителя и должен обеспечивать на выходе счетную концентрацию в соответствии с [12, п. 7.5.1]. Дискретное регулирование счетной концентрации ионов осуществляется с применением радионуклидных источников различной активности и заслонок с отверстиями разного диаметра, плавное регулирование — изменением напряжения на электроде электростатического осадителя.

Эталонный счетчик РЭ 4 должен иметь разрешение в наиболее чувствительном диапазоне не более 10 см^{-3} , собственный фон не более 50 см^{-3} и предел основной относительной погрешности измерения счетной концентрации легких ионов не выше 20 %.

Переходник 3 от генератора ионов к поверяемому счетчику 5 индивидуален для каждого типа счетчиков. Параметры переходника определяют на этапе проведения испытаний в целях утверждения типа, учитывая аспирационные характеристики (объемный расход, скорость воздуха, площадь входного отверстия и др.) испытываемого счетчика и эталонного СИ счетной концентрации легких ионов в составе ГЭТ 177—2010. Необходимо соблюдать следующие условия проведения измерений:

равенство объемных расходов генератора и поверяемого счетчика при герметичном их соединении; равенство сред-

них скоростей потока воздуха на выходе генератора и на аспирационном входе поверяемого счетчика — при их негерметичном соединении. Выполнение этих условий позволяет проводить длительные измерения.

При отборе проб из конвективного потока воздуха в перпендикулярном (или каком-либо другом неколлинеарном) направлении необходимо дополнительно учитывать паспортные значения расхода воздуха счетчиков и подбирать интервалы времени измерений разными счетчиками, чтобы отбираемые объемы воздуха были равными и взятыми из одной области. Для этого случая должна быть разработана специальная обоснованная методика выполнения измерений.

Переходники от генератора легких ионов к счетчикам должны быть проводящими и заземленными, что устранил источник возможной дополнительной погрешности из-за накопления электростатического заряда. Столы, на которых проводится поверка, подставки, СПОД, счетчики и генератор легких ионов также должны иметь металлическое покрытие и заземление.

В соответствии с [12, п. 7.3] для определения объемного расхода воздуха поверяемых счетчиков в состав РЭ должен входить преобразователь расхода воздуха на основе анемометра с устройством для установки его на аспирационный вход поверяемых счетчиков. Помещение или его часть, где установлен РЭ и проводится поверка счетчиков ионов, должны удовлетворять (кроме общепринятых требований при проведении поверки) ряду специфических требований:

наличие условий и разрешения для проведения работ с закрытыми источниками ионизирующих излучений;

отсутствие повышенного фона излучений (ионизирующих и электромагнитных), радиоактивных газов, аэрозолей и вредных химических веществ в воздухе;

чистота воздуха не менее 7-го класса [13];

концентрация легких ионов не более 10^3 см^{-3} .

В настоящее время РЭ счетной концентрации легких ионов, удовлетворяющий приведенным выше требованиям, разработан во ВНИИФТРИ для регионального ЦСМ. С целью снижения затрат на доставку поверяемых СИ и уменьшения загруженности государственного первичного эталона необходимо создание и внедрение нескольких (примерно 4—6) РЭ для ЦСМ в разных регионах страны.

Л и т е р а т у р а

1. **Смирнов Б. М.** Комплексные ионы. М.: Наука, 1983.
2. **ГОСТ РВ 0029-08.009—2008.** Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Требования к аэроионному составу воздуха в обитаемых помещениях и методы их контроля.
3. **СанПиН 2.2.4.1294—03.** Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных общественных помещений.
4. **JIS B 9929:2006.** Standard for measuring methods of airborne ion density.

5. ГОСТ 12.0.003—74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

6. Колерский С. В. О воспроизведении единицы пространственной плотности электрического заряда ионизированного воздуха и аэрозоля // Измерительная техника. 1987. Т. 30. № 2. С. 199—201; Kolerskii S. V. Reproduction of an electric charge volume density unit for ionized air and aerosol // Measurement Techniques. 1987. V. 30. N 2. P. 199—201.

7. Колерский С. В., Мезрин М. Ю., Колерская С. С. О создании эталона объемной плотности электрического заряда и счетной концентрации аэроионов // VI Рос. конф. по атмосферному электричеству: Материалы конф. Н. Новгород, 2007. С. 81—82.

8. Колерский С. В. и др. Аппаратура для измерения и воспроизведения единицы объемной плотности электрического заряда ионизированного воздуха // Измерительная техника. 2009. № 7. С. 765—767; Kolerskii S. V. et al. Apparatus for measuring and reproducing the unit of volume density of electric charge of ionized air // Measurement Techniques. 2009. V. 52. N 7. P. 765—767.

9. ГЭТ 177—2010. Государственный первичный эталон единиц объемной плотности электрического заряда ионизированного воздуха и счетной концентрации аэроионов.

10. ГОСТ Р 8.646—2008. ГСИ Государственная поверочная схема для средств измерений объемной плотности электрического заряда ионизированного воздуха и счетной концентрации аэроионов.

11. Карпов О. В. и др. Государственный первичный эталон единиц объемной плотности электрического заряда ионизированного воздуха и счетной концентрации аэроионов // Измерительная техника. 2011. № 1. С. 3—7; Karpov O. V. et al. State primary standard for the units of volume density of electrical charge of ionized air and the number density of air ions state standards // Measurement Techniques. 2011. V. 54. N 1. P. 1—7.

12. Р 50.2.022—2002. ГСОЕИ. Счетчики аспирационные легких ионов. Методика поверки.

13. ГОСТ ИСО 14644-1—2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха.

Дата принятия 14.01.2013 г.

681.785.2:501.22

Алгоритмы и схемы структурной коррекции для повышения точности аналитических приборов

М. А. КАРАБЕГОВ

Научно-производственное объединение «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Рассмотрены алгоритмы и схемы структурной коррекции, которые предполагают повышение точности аналитических приборов.

Ключевые слова: аналитические приборы, алгоритмы и схемы структурной коррекции.

The algorithms and schemes of structural correction to improve the accuracy of analytical instruments are considered.

Key words: analytical instruments, algorithms and schemes of structural correction.

Динамика глобальной и региональной экологической ситуации, модернизация и усложнение технологических процессов, создание новых производств, основанных на передовых технологиях и аппаратуре, особенно в обрабатывающих отраслях, повышение требований к параметрам и безопасности природных и технологических сред требуют ускоренного развития автоматической измерительной техники, улучшения ее информационных возможностей и метрологических характеристик. В современных условиях контроль параметров природной среды и технологий, связанных с разными видами химического передела, повышает требования к аналитической измерительной технике, выполняющей физико-химические измерения, в части обеспечения высоких метрологических, технических, экономических и других показателей, точности и инвариантности в разных усло-

виях эксплуатации. Аналитические приборы актуальны, с их применением определяют прямые показатели качества продукции — состав и свойства. Круг задач, решаемых при использовании аналитических приборов, охватывает измерения параметров жидких, газообразных и твердых веществ практически во всех отраслях. Жидкие среды — растворы и дисперсные системы — наиболее распространенные природные и технологические объекты физико-химического контроля. Аналитические измерительные задачи многообразны, они обусловлены составом, состоянием и другими параметрами контролируемых сред, условиями измерений, требованиями к их результатам. Основной задачей аналитических измерений является определение концентрации (количества) и (или) свойств растворенного и(или) взвешенного вещества с заданной точностью. Измерения выполня-