

УДК 535.34:681.7:543.422.3

КОНСТРУКТИВНЫЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АКУСТООПТИЧЕСКИХ СПИРТОМЕРОВ

Н.А. Аскеров

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия,
askerov@vniiftri.ru*

Аннотация. В статье представлены особенности ряда созданных во ВНИИФТРИ акустооптических спиртомеров, предназначенных для измерения объёмной доли этилового спирта в многокомпонентных спиртосодержащих растворах.

Разработанные спиртомеры отвечают современным требованиям производства алкогольной продукции и рекомендуются для применения в соответствующих государственных стандартах, аттестованы соответствующие методики измерений.

Ключевые слова: акустооптический спиртомер, акустооптический фильтр, кювета, опорный канал, измерительный канал, эталонный раствор, объёмная доля этилового спирта.

CONSTRUCTIONAL AND METROLOGICAL FEATURES OF ACOUSTO-OPTICAL ALCOHOLMETERS

N.A. Askerov

*FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region, Russia,
askerov@vniiftri.ru*

Annotation. The article presents the features of a number of acousto-optic alcoholmeters created at VNIIFTRI and designed to measure the volume fraction of ethyl alcohol in multicomponent alcohol-containing solutions.

The developed alcoholmeters meet the modern requirements for the production of alcoholic beverages and are recommended for use in the relevant state standards; corresponding measurement methods are certified.

Key words: acousto-optic alcoholmeter, acousto-optic filter, vessel, reference channel, measuring channel, reference solution, volume fraction of ethyl alcohol.

Введение

Традиционными способами определения объёмной доли этилового спирта в спиртосодержащих растворах являются трудоёмкие ареометрические и пикнометрические методы анализа, основанные на измерении плотности водно-спиртового раствора [1, 2].

Производители алкогольной продукции, организации, контролирующие оборот алкогольной продукции и их качество, нуждаются в высокотехнологичном средстве измерения объёмной доли этилового спирта.

Спектрально-оптические методы анализа, бесконтактные методы контроля являются более объективными и менее трудоёмкими по сравнению с традиционными. Программирование и автоматизация измерений позволяют привести уровень аналитического контроля в соответствие с современным уровнем производства, исключают ошибки и промахи оператора при трудоёмких и многократных измерениях, исключают такие субъективные факторы, как квалификация или физическое состояние оператора.

Высокий технический и метрологический уровни разработки зависят от правильности идеологии создания средств измерений, технического совершенства комплектующих изделий, метрологического обеспечения разработки, учёта и своевременного решения возникающих технических и метрологических проблем, программного обеспечения, метрологического контроля разработки на всех этапах изготовления, настройки и наладки средств измерений.

Конструктивные и метрологические решения

Во ФГУП «ВНИИФТРИ» совместно с АО «Сигма Оптик» разработаны оптические спиртомеры «ИКОНЭТ-ВС», «ИКОНЭТ-М», «ИКОНЭТ-МП», «ИКОНЭТ-МП1», «ИКОНЭТ-ВС-П», предназначенные для измерения объёмной доли этилового спирта в водно-спиртовых и многокомпонентных спиртосодержащих растворах [3–7].

Первые оптические спиртомеры «ИКОНЭТ-Водка-Спирт» и «ИКОНЭТ-Мастер прибор» на интерференционных фильтрах [8, 9] показаны на рис. 1, 2. Спиртомеры комплектовались одноканальными оптическими кюветами (рис. 3): опорной кюветой с перегонным водно-спиртовым раствором и измерительной кюветой с исследуемым раствором. Кюветы устанавливались вертикально в посадочные места спиртомера. Кюветное отделение было конструкционно открыто, затемнение от подсветки проводилось чёрными матерчатými чехлами.



Рис. 1. Оптический спиртомер «ИКОНЭТ-Водка-Спирт»



Рис. 2. Оптический спиртомер «ИКОНЭТ-Мастер прибор»



Рис. 3. Оптические кюветы для спиртомеров типа «ИКОНЭТ»

В результате измерений, проведённых на спиртомерах «ИКОНЭТ-Водка-Спирт» и «ИКОНЭТ-Мастер прибор», выявлено несовершенство конструкционного исполнения, что заключалось в следующем:

- кюветы по длине отличались;
- заливка кювет осуществлялась в вертикальном положении, что приводило к образованию воздушного пузыря в верхней части кюветы;
- в нижней части кюветы на оптическом окне появлялись осадки.

Всё вышесказанное приводило к искажению результата измерения.

По результатам проведённых испытаний первых спиртомеров в ОАО «Московский завод «Кристалл» автором было предложено разработать двухканальные кюветы и спиртомер с горизонтальной оптической схемой с закрытым кюветным отделением. В связи с чем было принято решение изменить оптическую схему, а именно поменять вертикальное размещение кюветы на горизонтальное и заменить одноканальные кюветы на цельнокорпусные двухканальные кюветы, включающие в себя опорный и измерительный каналы.

Отсутствие метрологического обеспечения потребовало его разработки, что включало в себя:

- передачу единицы объёмной доли этилового спирта от эталона к рабочему средству измерения;
- необходимость разработки методики градуировки спиртомеров.

При дальнейшем усовершенствовании измерительного тракта была разработана двухканальная цилиндрическая кювета, изменена оптическая схема измерения. Кювета при измерении устанавливалась горизонтально на подставку в кюветном отделении спиртомера. Спиртомеры комплектовались кюветами с эталонными водно-спиртовыми растворами в опорном канале, приготовленными по ГОСТ 3639-79 «Растворы водно-спиртовые. Методы определения концентрации этилового спирта». При измерениях использовалась та кювета, диапазон измерения которой включал в себя ожидаемую объёмную долю этилового спирта в исследуемом растворе. Разность каналов кювет по длине автоматически вводилась в программу измерения при градуировке спиртомера. Эталонный раствор заливался в опорный канал кюветы через торцевое отверстие при сборке кюветы и оставался неизменным весь период эксплуатации спиртомера, опорный канал кюветы пломбировался. В практике используемые кюветы со дня изготовления не менялись, за исключением случаев механических повреждений.

Объёмная доля этилового спирта в контролируемом растворе определяется по ослаблению излучения на характерных длинах волн, обусловленных наличием спирта в этом растворе. Ослабление вычисляется по результатам сравнения интенсивности излучения, прошедшего через канал кюветы с контролируемым раствором (измерительный канал) и через канал с эталонным раствором (опорный канал), объёмная доля этилового спирта в котором известна [5–7].

При измерениях необходимость температурного равновесия каналов является доминирующим требованием. Двухканальные кюветы позволяют достичь температурного равновесия между каналами за счёт цельности корпуса кюветы.

С момента заполнения до момента измерения должно пройти не менее трёх минут для стабилизации состояния раствора и выравнивания температур растворов между опорным и измерительным каналами. За результат измерения принимаются 3 последовательных одинаковых показания.

В конструкции спиртомера излучатель осветителя — галогенная лампа накаливания КГМН 6,3-15, имеющая ресурс работы 600 ч, охлаждающийся внешним вентилятором, заменён на ИК-светодиод.

Разработан спиртомер «ИКОНЭТ-ВС» на двух интерференционных фильтрах, предназначенный для измерения объёмной доли этилового спирта в водках и спирте [8–10] (рис. 4).



Рис. 4. Оптический спиртомер «ИКОНЭТ-ВС»

Метрологическое обеспечение оптических спиртомеров

Для проведения метрологических работ по созданию и аттестации оптических спиртомеров в качестве средств измерения объёмной доли этилового спирта разработан Государственный рабочий эталон измерения объёмной доли этилового спирта в диапазоне 0...100 % об. Погрешность рабочего эталона — 0,02...0,01 % об. [11].

В состав рабочего эталона входят: стеклянные ареометры для спирта АСП — рабочие эталоны 1-го разряда (ТУ 4321-017-07609129-2004) с диапазонами (0...10, 10...20, 20...30, 30...40, 40...50, 50...60, 60...70, 70...80, 80...90, 90...100) % об.

Ареометрический метод измерения объёмной доли этилового спирта входит в ГОСТ 8.024-2002 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений плотности». Ареометром для спирта АСП (рабочим эталоном 1-го разряда) определяется объёмная доля этилового спирта в водно-спиртовом растворе по ГОСТ 3639-79.

По приготовленным водно-спиртовым растворам производится градуировка и поверка оптических спиртомеров.

Акустооптический спиртомер «ИКОНЭТ-М»

Разработан акустооптический спиртомер «ИКОНЭТ-М» (рис. 5) на акустооптическом фильтре (АОФ), позволяющий измерить любую многокомпонентную спиртосодержащую продукцию без перегонки.

Акустооптические средства измерения электронно- и программно-управляемые. Реализация возможности управления процессом измерения осуществляется программным образом. Пользователь может сформировать и задать собственную процедуру измерения спектральных характеристик,

причём параметры её могут изменяться автоматически в зависимости от информации, получаемой в ходе измерения. Конструктивные особенности АОФ проявляются в малых размерах и в отсутствии подвижных или юстируемых элементов. Это свойство обеспечивает нечувствительность к вибрациям и простоту обслуживания прибора. Малые размеры АОФ позволяют легко встраивать его в разные оптические схемы [12–13].



Рис. 5. Акустооптический спиртомер «ИКОНЭТ-М»

Структурная схема акустооптического спиртомера [14] приведена на рис. 6.

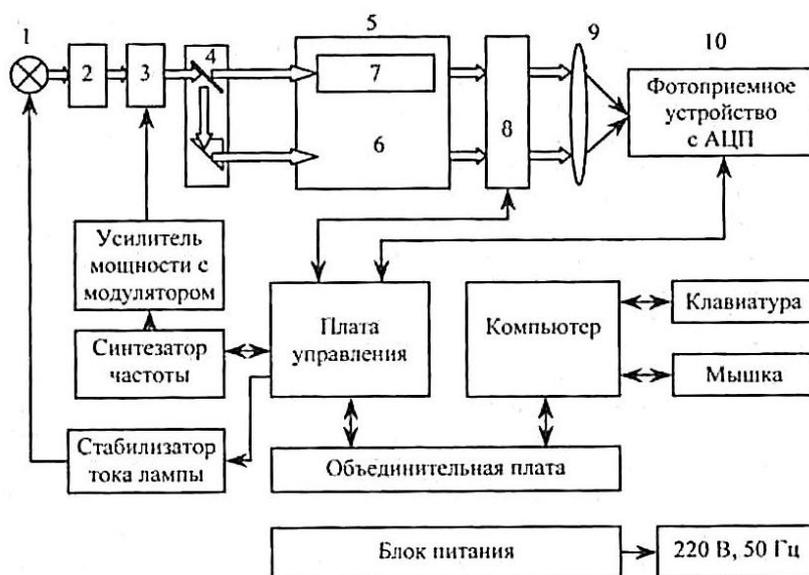


Рис. 6. Структурная схема акустооптического спиртомера

Акустооптический спиртомер представляет собой акустооптический двухлучевой спектрофотометр с программным блоком управления и обработки данных [14]. Излучение от осветителя 1 с помощью системы линз 2 фокусируется на АОФ 3, который в соответствии с поступающим на него радиочастотным сигналом пропускает свет в задаваемом узком интервале спектра и модулирует его. Выходящее монохроматическое излучение расщепляется светоделительной системой 4 на два параллельных пучка, которые направляются на кювету 5. Один пучок проходит через опорный канал, содержащий эталонный раствор 6, а другой — через измерительный канал, содержащий измеряемый раствор 7.

Ослабленные соответствующим раствором световые пучки поочередно пропускаются вращающимся диском с прорезями (световой модулятор) 8 на линзу 9, которая фокусирует их на фотодиод фотоприёмного устройства 10. Затем электрический сигнал с фотодиода после предварительного усиления поступает на АЦП. Преобразованный в цифровой код сигнал через схему гальванической развязки в последовательном виде передаётся в плату управления (ПУ). ПУ имеет унифицированный интерфейс обмена данными EISA. Из ПУ полученные данные поступают через объединительную плату на промышленный одноплатный персональный компьютер (ПК). Программное обеспечение позволяет через систему портов осуществить управление процессом измерения. Данные о крепости раствора выводятся на дисплей, а также архивируются в файле.

Из ПК программно заданные сигналы управления частотой через ПУ поступают на синтезатор частоты, откуда высокочастотный сигнал подаётся на усилитель мощности ВЧ. В ПУ вырабатывается сигнал модуляции ВЧ мощности, синхронизированный с работой светового модулятора 8. Модулированный и синхронизированный с вращением светового модулятора ВЧ-сигнал поступает на АОФ 3. В ПУ также вырабатывается тактовая частота для задания скорости вращения шагового двигателя светового модулятора. Синхронизирующие сигналы от светового модулятора задают фазы работы спиртомера (режимы измерения опорного канала, темнового и измерительного каналов).

Синтезатор частоты обеспечивает синтез частоты с шагом 5 кГц в диапазоне 55...130 МГц. Его выход согласован с ВЧ-усилителем. Для обеспечения согласованной связи с одноплатным ПК плата управления содержит контроллер шины EISA. ПК обеспечивает пользовательский интерфейс, реализацию алгоритма работы прибора, получение и обработку цифровых данных, включая расчёт содержания этанола в спиртосодержащем растворе.

Усовершенствована программа измерения. Разработана программа измерения объёмной доли этилового спирта с поиском значения фактического минимума частоты поглощения. Разработаны методика градуировки и измерения

объёмной доли этилового спирта, исключая зависимость результата измерения от температуры внешней среды; методика градуировки и измерения объёмной доли этилового спирта в водно-спиртовых растворах; методика градуировки и измерения объёмной доли этилового спирта в многокомпонентных спиртосодержащих растворах без перегонки — экспресс-анализ.

Экспериментально определено оптимальное количество комплектующих кювет для каждого типа спиртомера с учётом требований к погрешности результата измерения. Проведены исследования долговременной стабильности показаний спиртомеров.

Разработан полный комплект НТД на все оптические спиртомеры, включая методики поверки, проведены испытания пяти типов спиртомеров для целей утверждения типа в качестве средства измерения, эти спиртомеры внесены в Государственный реестр СИ.

Центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора в г. Москве выдано Гигиеническое заключение на оптические спиртомеры типа «ИКОНЭТ» № 77.01.04.515.П.46011.12.9 от 27.12.99 г.

Оптические кюветы

Оптические кюветы, разработанные для спиртомеров типа «ИКОНЭТ», приведены на рис. 3.

Конструкция *цилиндрической оптической кюветы* приведена в работе [5].

В последующем разработана новая плоская двухканальная кювета с цельным корпусом, экономичная, удобная в эксплуатации и более технологичная в изготовлении.

Плоская оптическая кювета (рис. 7) для измерения представляет собой плоское цельное оптическое устройство 1 с двумя продольными каналами внутри. Один из каналов заполняется эталонным раствором 2, служащим для сравнения с измеряемым раствором 3, заполняющим второй канал. Такая конструкция обеспечивает хороший тепловой контакт и быстрое выравнивание температур обеих жидкостей, что важно для точности измерений. Для прохождения излучения сквозь кювету служат оптические окна 4, представляющие собой плоские стёкла, прижимаемые к корпусу кюветы втулками 5 с герметизирующим уплотнением, которые закрепляются винтами (на рис. 7 не показаны). Для залива и слива измеряемого раствора служат штуцеры 6 и 7, закрываемые колпачками 8. Все элементы, контактирующие с растворами, изготовлены из материалов нейтральных по отношению к воде и спирту. Внутренний диаметр опорного канала больше диаметра входного окна, благодаря чему образовавшийся в опорном канале воздушный пузырь визуально не попадает в поле зрения.

Технические характеристики и конструктивные особенности спиртомеров приведены в таблице.

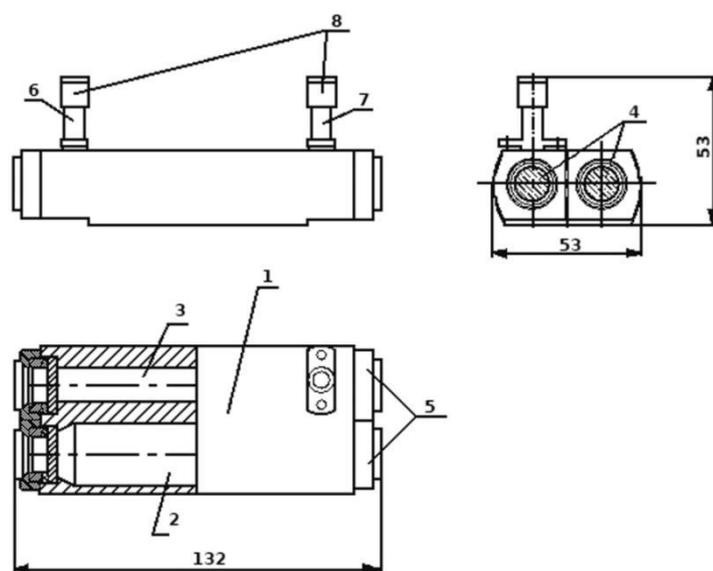


Рис. 7. Плоская оптическая кювета

Таблица

Технические характеристики и конструктивные особенности спиртомеров

Технические характеристики	Типы спиртомеров			
	«ИКОНЕТ-ВС»	«ИКОНЕТ-М»	«ИКОНЕТ-МП»	«ИКОНЕТ-ВСП»
Диапазон измерения объёмной доли этилового спирта, % об.	39–46, водка 82–97, спирт	3,0–97,0	3,0–97,0, 3,0–60,0*, 60,0–97,0**	30–60 85–98
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения объёмной доли этилового спирта ΔS_0 , % об., не более	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$ $\pm 0,05$ (с 2015 г.)	$\pm 0,25$	$\pm 0,2$
Предел среднеквадратического отклонения (СКО) результата измерений, % об., не более	0,05	0,002	$0,25 \cdot \Delta S_0$	$0,25 \cdot \Delta S_0$
Время установления рабочего режима, мин	30	30	10	5
Время одного измерения, мин, не более	1	1	2,5	—
Объём анализируемой пробы, см ³ , не более	15	15	Измерение в непрерывном потоке	Измерение в непрерывном потоке
Допустимое время непрерывной работы, час	8	8	24	24
Потребляемая мощность, ВА	250	100	100	50
Габаритные размеры, мм, не более: – измерительный блок (длина×ширина×высота) – кювета (диаметр, длина)	515×275×130	680×410×150 Ø55×127	670×315×180 Ø55×127 Встроенная кювета	670×315×180 Ø55×127 Встроенная кювета

Продолжение таблицы

Технические характеристики	Типы спиртомеров			
	«ИКОНЕТ-ВС»	«ИКОНЕТ-М»	«ИКОНЕТ-МП»	«ИКОНЕТ-ВСП»
Масса измерительного блока, кг, не более	20	20	26	26
Масса кюветы, кг, не более	1	0,885	1	1
Напряжение питающей сети, В	от 187 до 242	от 187 до 242	220 +22/-33	220 +22/-33
Частота питающей сети, Гц	50 ± 1	50 ± 1	50 ± 1	50 ± 1
Средняя наработка на отказ (с учётом технического обслуживания), час, не менее	—	12000	12000	12000
Полный средний срок службы прибора, лет, не менее (с учётом времени хранения и при условии проведения регламентных работ не менее 1 раза в год)	8	8	8	8
Давление раствора в измерительном канале, МПа	—	—	0,25 ± 0,01	0,25 ± 0,01
Температура измеряемой среды, °С	—	—	+3...+80	—
Условия эксплуатации: – температура окружающего воздуха, °С	15–30	15–30	5–40	5–45
– относительная влажность воздуха, %	30–80	30–80	30–80	30–80
– атмосферное давление, КПа	84 ± 106,7	84–106,7	84–106,7	84–106,7
Фильтрующие элементы	Два интерференционных фильтра	Акустооптический фильтр АОФ	Акустооптический фильтр АОФ	Два интерференционных фильтра
Способ индикации результатов	Цифровое табло, управление и вывод данных	Управление и вывод данных	Цифровое табло, управление и вывод данных	Цифровое табло, управление и вывод данных
Конструктивное исполнение	Лабораторный прибор	Лабораторный прибор	Установка на линиях розлива	Установка на линиях розлива
Количество кювет	8	3	1	1

*Спиртомер комплектуется кюветой с объёмной долей эталонного раствора в опорном канале (40 ± 1) % об.

**Спиртомер комплектуется кюветой с объёмной долей эталонного раствора в опорном канале (96 ± 0,5) % об.

Полный рабочий диапазон конкретного прибора определяется как совокупность рабочих диапазонов всех кювет, входящих в его комплект.

Спиртомеры «ИКОНЭТ-МП» и «ИКОНЭТ-ВС-П»

По результатам тендерных испытаний спиртомеры «ИКОНЭТ-МП» и «ИКОНЭТ-ВС-П» (рис. 8) включены в состав системы учёта и контроля алкогольной продукции АЛКО-1 и АЛКО-2 в качестве фискального средства измерения. Спиртомер автоматически включается одновременно с включением линии розлива.

В спиртомерах, установленных в линиях розлива алкогольной продукции, измерение объёмной доли этилового спирта производится с одной встроенной кюветой во всём диапазоне измерения в пределах диапазона измерения опорного канала кюветы.

В кюветах, используемых в горячих линиях розлива, под стекло оптических окон на корпус кюветы прокладывается фторопластовая плёнка-кольцо, которая предотвращает растрескивание стекла из-за разности коэффициентов

расширения металла и стекла. Основной проблемой измерения в линиях розлива является турбулентность, образующаяся при потоке. Оптические спиртомеры, используемые в поточных линиях, градуируются непосредственно в технологической линии в условиях, соответствующих технологическому процессу (температура производственного помещения, температура заливаемого раствора, турбулентность и т.д.).



Рис. 8. Спиртомер «ИКОНЭТ-ВС-П»

Для сложных растворов практикуется циклический режим работы. Устанавливается отсечной клапан, каждые 5 минут прекращается поток измеряемого раствора в спиртомер, раствор в измерительном канале стабилизируется, и производятся измерения в течение 5 минут. Циклы в зависимости от технологических линий и типов измеряемых растворов могут быть разными. Для некоторых растворов, в которых наблюдается обильное пенообразование при потоке, измеряемый раствор подаётся через стабилизационную ёмкость, в которой пена поднимается вверх, отстоявшийся раствор циклически подаётся в измерительный канал для измерения; в растворе, находящемся в статическом состоянии, пена отсутствует.

Спиртомеры «ИКОНЭТ-МП» и «ИКОНЭТ-ВС-П» конструктивно выполнены в литом взрывозащищённом корпусе из алюминиевого сплава. В кюветном отсеке установлена кювета, по измерительному каналу которой протекает измеряемый спиртосодержащий раствор. Кювета подсоединена с помощью стальных трубок из нержавеющей стали к входным штуцерам «ВХОД» и «ВЫХОД», закреплённым на передней стенке корпуса. Внешнее подключение прибора к трубопроводу производится с помощью трубки цилиндрической резьбы 1/2-В ГОСТ 6357.

Проведены многочисленные измерения и обработаны результаты измерений непосредственно в линиях розлива в ЛВЗ «Детчино», АО «Московский завод «Кристалл», Московском коньячном заводе «КИН», Московском межреспубликанском винодельческом заводе (ММВЗ), Винзаводе «Очаково», Арзамасском ЛВЗ, а также результаты измерений спиртомеров в лабораториях у потребителей.

По результатам испытаний в ГНУ «ВНИИПБТ» оптические спиртомеры «ИКОНЭТ-М» и «ИКОНЭТ-ВС-П» включены в «Основное оборудование» лабораторий на спиртовых и ликёро-водочных заводах в качестве средств измерения объёмной доли этилового спирта в алкогольной продукции [2].

Оптический спиртомер «ИКОНЭТ-М» внесён в следующие государственные стандарты: ГОСТ Р 51135-98 «Изделия ликёроводочные. Правила приёмки и методы анализа»; ГОСТ Р 52472-2005 «Водки и водки особые. Правила приёмки и методы анализа»; ГОСТ Р 52473-2005 «Спирт этиловый из пищевого сырья. Правила приёмки и методы анализа».

Тесное сотрудничество с потребителем, непосредственное участие в измерениях и обработке результатов измерений у производителей алкогольной продукции позволили нам в наших разработках учесть все аспекты, нюансы, возникающие при эксплуатации спиртомеров, улучшить метрологические характеристики разработанных нами спиртомеров, что позволило оперативно осуществлять как авторский надзор за изготовителем, так и за потребителем спиртомеров для оказания содействия в своевременном решении возникающих проблем.

Нормативные документы метрологического обеспечения акустооптических спиртомеров

Разработаны следующие нормативные документы для метрологического обеспечения акустооптических спиртомеров:

- Методика выполнения измерений объёмного содержания этилового спирта в водно-спиртовых и многокомпонентных спиртосодержащих растворах оптическим спиртомером «ИКОНЭТ-М». Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ» (Свидетельство об аттестации МВИ № 1-001-100-2000 от 17.05.2000 г.). Регистрационный код МВИ по Федеральному реестру ФР.1.31.2002.00612.
- Методика измерений объёмной доли этилового спирта в многокомпонентных растворах алкогольной продукции. Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ» (Свидетельство об аттестации МВИ № 195-01.00294-2010/2012 от 14.03.2012 г.). Регистрационный номер в Информационном фонде по обеспечению единства измерений ФР.1.31.2012.11977.
- Методика выполнения измерений объёмной доли этилового спирта в водно-спиртовых и многокомпонентных спиртосодержащих растворах спиртомером оптического типа «ИКОНЭТ-МП». Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ» (Свидетельство об аттестации МВИ № 001-140-2007 от 17.05.2000 г.).
- МВИ. Определение объёмной доли этилового спирта в водно-спиртовых и многокомпонентных спиртосодержащих растворах спиртомером оптического типа «ИКОНЭТ-МП». Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ».
- МИ 3049-2007. ГСИ. Спиртомер оптический типа «ИКОНЭТ-МП». Методика градуировки по многокомпонентным спиртосодержащим растворам.

- Методика градуировки оптических спиртомеров типа «ИКОНЭТ-М» по многокомпонентным спиртосодержащим растворам. Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ».
- ГСИ. Методика приготовления водно-спиртовых растворов и измерения в них объёмной доли этилового спирта. Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ».
- ГСИ. Определение объёмной доли этилового спирта в многокомпонентных спиртосодержащих растворах, аттестация результатов измерений. Аттестован ФГУП «ВНИИФТРИ».

Практические результаты

Разработан «Государственный рабочий эталон измерения объёмной доли этилового спирта в диапазоне 0...100 % об.».

Разработан полный комплект НТД на все оптические спиртомеры, включая методики поверки, проведены испытания пяти типов спиртомеров для целей утверждения типа в качестве средства измерения, эти спиртомеры внесены в Государственный реестр СИ.

По результатам выигранного тендера более 1,5 тысячи АО спиртомеров «ИКОНЭТ-МП» в составе системы учёта и контроля алкогольной продукции ИС АЛКО-1 установлены в линиях розлива ликёро-водочных заводов в качестве фискального средства измерения.

Оптические спиртомеры «ИКОНЭТ-М» и «ИКОНЭТ-ВС-П» включены в «Основное оборудование» лабораторий на спиртовых и ликёро-водочных заводах в качестве средства измерения объёмной доли этилового спирта в алкогольной продукции.

Оптический спиртомер «ИКОНЭТ-М» внесён в следующие стандарты:

- ГОСТ 32035-2013 «Водки и водки особые. Правила приёмки и методы анализа» (Межгосударственный стандарт);
- ГОСТ 32036-2013 «Спирт этиловый из пищевого сырья. Правила приёмки и методы анализа» (Межгосударственный стандарт).

Выводы

Впервые в мире разработаны методика, алгоритм определения и созданы акустооптический спиртомер «ИКОНЭТ-М» и система его метрологического обеспечения для определения объёмной доли этилового спирта в водно-спиртовых и многокомпонентных спиртосодержащих растворах.

Разработан ряд уникальных акустооптических спиртомеров измерения объёмной доли этилового спирта в реальном времени в технологических линиях розлива. Разработан метод экспресс-анализа, не имеющий аналогов по метрологическим характеристикам, технологичный и практичный в эксплуатации. Разработан заводской способ градуировки спиртомеров.

Список литературы

1. Польшагина Г.В. Технохимический контроль спиртового и ликёро-водочного производств. М.: Колос, 1999. С. 85.
2. Польшагина Г.В. Аналитический контроль производства водок и ликёро-водочных изделий. М.: ДеЛипринт, 2006. С. 12, 152, 271, 299.
3. Визен Ф.Л., Ермилов Ю.А., Жогун В.Н., Зайканова Г.И., Магомедов З.А., Епихин В.М. Полезная модель. Свидетельство РФ № 13979. Кл. G01J3/18. Устройство определения концентрации этилового спирта в водных растворах // Изобретения. Полезные модели. 2000. № 17.
4. Жогун В.Н., Магомедов З.А., Визен Ф.Л., Епихин В.М., Аскеров Н.А., Косарев В.И., Евстифеев В.Ф., Пегов Г.М., Огородников А.А., Безносков Ю.В. Полезная модель. Свидетельство РФ № 19586. Кл. G01N33/14. Устройство определения концентрации этилового спирта в водных растворах // Изобретения. Полезные модели. 2001. № 25. II ч.
5. Аскеров Н.А., Визен Ф.Л., Жогун В.Н., Магомедов З.А. Оптические спиртомеры // Акустооптические, акустические и рентгено-спектральные методы и средства измерений в науке и технике: сб. науч. тр. Менделеево: ВНИИФТРИ, 2005. С. 81.
6. Аскеров Н.А., Жогун В.Н., Магомедов З.А. Аналитические методы измерений и приборы в пищевой промышленности. Экспертиза, оценка качества, подлинности и безопасности пищевых продуктов // Тезисы докладов Шестой Международной научно-практической конференции. М.: ГОУВПО «МГУПП», 2008. С. 142.
7. Аскеров Н.А., Жогун В.Н., Магомедов З.А. Акустооптические спиртомеры // Измерительная техника. 2009. № 8. С. 69–72.
8. Визен Ф.Л., Епихин В.М., Жогун В.Н., Магомедов З.А. и др. Спектрально-оптические приборы для измерения крепости алкогольной продукции. М.: Пищевая промышленность. 1996. № 10. С. 60.
9. Визен Ф.Л., Газаров Х.В., Епихин В.М., Ермилов Ю.А., Жогун В.Н., Зайканова Г.И., Магомедов З.А., Ямников В.А. Изобретение, Патент РФ № 2082967. Кл. G01N33/14. Способ определения концентрации этилового спирта в водных растворах и устройство для его осуществления // Изобретения. Полезные модели. 1997. № 18.
10. Пожар В.Э. Спектральный оптический метод измерения крепости спиртосодержащих растворов // Акустооптические, акустические и рентгено-спектральные методы и средства измерений в науке и технике: сб. науч. тр. Менделеево: ВНИИФТРИ, 2005. С. 75.
11. Аскеров Н.А. Рабочий эталон измерения объёмной доли этилового спирта в диапазоне 0...100 % об. // Акустооптические, акустические и рентгено-спектральные методы и средства измерений в науке и технике: сб. науч. тр. Менделеево: ВНИИФТРИ, 2005. С. 190.

12. Мазур М.М., Пожар В.Э. Спектрометры на акустооптических фильтрах // Измерительная техника. 2015. № 9. С. 29–33.
13. Епихин В.М., Визен Ф.Л., Магомедов З.А., Пальцев Л.Л. Беспolarизаторные акустооптические монохроматоры // Журнал технической физики. 2018. Т. 88. Вып. 7. С. 1071.
14. Жогун В.Н. Измерение концентрации этанола в спиртосодержащих жидкостях. Акустооптические процессоры спектрального типа. М.: Радиотехника, 2012. С. 170–176.

Статья поступила в редакцию: 09.09.2020 г.

Статья прошла рецензирование: 19.10.2020 г.

Статья принята в работу: 20.11.2020 г.