



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
XXXXX –
20__
(проект, RU)

ГАЗ ГОРЮЧИЙ ПРИРОДНЫЙ

Определение массовой концентрации водяных паров

(ISO 10101-1:1993, NEQ)

(ISO 10101-2:1993, NEQ)

(ISO 10101-3:1993, NEQ)

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Предисловие

Цели, основные принципы и порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ»

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 52 «Природный и сжиженные газы»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от «__» _____ 20__ г. №__)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Грузия	GE	Грузстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «__» _____ 20__ г. №__ межгосударственный стандарт ГОСТ XXXXX-20__ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с «__» _____ 20__ г.

5 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих международных стандартов:

- ИСО 10101-1:1993 «Газ природный. Определение воды методом Карла Фишера. Часть 1. Введение» (ISO 10101-1:1993 «Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 1: Introduction», NEQ);

- ИСО 10101-2:1993 «Газ природный. Определение воды методом Карла Фишера. Часть 2. Метод титрования» (ISO 10101-2:1993 «Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 2: Titration procedure», NEQ);

- ИСО 10101-3:1993 «Газ природный. Определение воды методом Карла Фишера. Часть 3. Кулонометрический метод» (ISO 10101-3:1993 «Natural gas – Determination of water by the Karl Fischer method – Part 3: Coulometric procedure», NEQ).

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе "Национальные стандарты", а текст изменений и поправок - в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе "Национальные стандарты". Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

©Стандартинформ, 20__

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

Введение.....	
1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения.....	
4 Требования безопасности.....	
5 Требования охраны окружающей среды.....	
6 Требования к квалификации персонала.....	
7 Условия выполнения измерений.....	
8 Требования к средствам измерений, оборудованию, материалам и реактивам.....	
9 Отбор проб.....	
10 Сущность методов измерений.....	
10.1 Общая сущность методов измерений содержания воды по К. Фишеру.....	
10.2 Сущность титриметрического метода.....	
10.3 Сущность кулонометрического метода.....	
11 Титриметрический метод.....	
11.1 Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы.....	
11.2 Подготовка к проведению измерений.....	
11.3 Проведение измерений.....	
12 Кулонометрический метод.....	
12.1 Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы.....	
12.2 Подготовка к проведению измерений.....	
12.3 Проведение измерений.....	
13 Метрологические характеристики (показатели точности) измерений.....	
14 Обработка и оформление результатов измерений.....	
15 Контроль точности измерений.....	
Приложение А (справочное) Пересчет единиц измерения содержания водяных паров.....	
Приложение Б (справочное) Пример вычисления содержания водяных паров с учетом влияния сернистых соединений.....	
Приложение В (справочное) Давление насыщенных водяных паров в зависимости от температуры.....	
Библиография.....	

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГАЗ ГОРЮЧИЙ ПРИРОДНЫЙ

Определение массовой концентрации водяных паров

Natural combustible gas.

Water vapours mass concentration measurement

Дата введения – 20__ – 00 – 00

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на газ горючий природный, поступающий с промышленных установок подготовки, подземных хранилищ газа и газоперерабатывающих заводов в магистральные газопроводы, транспортируемый по ним, поставляемый в системы газораспределения и используемый в качестве сырья и топлива промышленного и коммунально-бытового назначения, а также в качестве компримированного газомоторного топлива для двигателей внутреннего сгорания.

1.2 Настоящий стандарт распространяется также на иные углеводородные газы, получаемые в процессах добычи, подготовки и переработки природного газа, газового конденсата и нефти, содержащие компоненты, приведенные в ГОСТ 31371.7–20XX (далее – иные углеводородные газы).

1.3 Настоящий стандарт не распространяется на природные и иные углеводородные газы, содержащие сероводород и меркаптаны, суммарная массовая концентрация которых в пересчете на серу превышает 30 мг/м³.

1.4 Настоящий стандарт устанавливает процедуры определения содержания (массовой концентрации, молярной доли) водяных паров методом Карла Фишера в природном и иных углеводородных газах в диапазоне значений от 0,75 мг/м³ до 7,5 г/м³ при стандартных условиях (температуре 20,0 °С и давлении 101,325 кПа) и от 0,0001 % мол. до 1,0 % мол. (см. Приложение А).

1.5 Настоящий стандарт применяют в организациях, осуществляющих контроль качества газа горючего природного и иных углеводородных газов, в процессах их добычи, подготовки, транспортирования, хранения, переработки и поставки потребителям.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 12.0.004–2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.1.004–91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007–76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.019–2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.044–2018 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.2.007.0–75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.009–83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание

ГОСТ 12.4.021–75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования

ГОСТ 17.1.3.05–82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами

ГОСТ 17.1.3.13–86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения

ГОСТ 17.2.3.02–2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями

ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния

ГОСТ OIML R 111-1-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Гири классов точности E (индекса 1), E (индекса 2), F (индекса 1), F (индекса 2), M (индекса 1), M (индекса 1-2), M (индекса 2), M (индекса 2-3) и M (индекса 3).

Часть 1. Метрологические и технические требования

ГОСТ 5632–2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

ГОСТ 6709–72 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 8984–75 Силикагель-индикатор. Технические условия

ГОСТ 9293–74 (ИСО 2435–73) Азот газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 9433–80 Смазка ЦИАТИМ-221. Технические условия

ГОСТ 10007–80 Фторопласт-4. Технические условия

ГОСТ 10157–2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 13045–81 Ротаметры. Общие технические условия

ГОСТ 14254–2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 14870–77 Продукты химические. Методы определения воды

ГОСТ 15150–69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 19433–88 Грузы опасные. Классификация и маркировка

ГОСТ 24104–2001* Весы лабораторные. Общие технические требования

ГОСТ 28498–90 Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний

ГОСТ 30852.0–2002 (МЭК 60079-0:1998) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования

ГОСТ 30852.5–2002 (МЭК 60079-4:1975) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения

ГОСТ 30852.11–2002 (МЭК 60079-12:1978) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам

ГОСТ 30852.19–2002 (МЭК 60079-20:1996) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования

ГОСТ 31370–2008 (ИСО 10715:1997) Газ природный. Руководство по отбору проб

* На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 53228–2008 «Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания».

ГОСТ 31371.7–20XX Газ природный. Определение состава методом газовой хроматографии с оценкой неопределенности. Часть 7. Методика измерений молярной доли компонентов

ТР ТС 012/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя "Национальные стандарты" за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 31370, рекомендациям по межгосударственной стандартизации [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 реактив Карла Фишера: Химический раствор или растворы, содержащие йод, диоксид серы, а также вспомогательные компоненты (как правило, спирт или простой эфир и азотистое основание), применяемые для количественного селективного определения содержания воды в различных веществах и материалах.

3.2 метод Карла Фишера: Метод количественного селективного определения содержания воды в различных веществах и материалах, основанный на химической реакции окисления диоксида серы йодом, протекающей только в присутствии воды и в специфической среде – реактиве Карла Фишера.

3.3 титриметрический метод Карла Фишера: Метод Карла Фишера, по которому содержание воды в исследуемом образце количественно определяется по известной величине объема используемого для титрования реактива Карла Фишера, затраченного в процессе измерения.

3.4 кулонометрический метод Карла Фишера: Метод Карла Фишера, по которому содержание воды в исследуемом образце количественно определяется по известному количеству электричества, затраченного на генерацию йода в процессе измерения.

3.5 титратор Карла Фишера: Средство измерений содержания воды в различ-

ных веществах и материалах, реализующее метод Карла Фишера.

3.6 автоматический титратор Карла Фишера: Титратор, в котором момент окончания реакции (конечная точка титрования), а также объем подаваемого реактива Карла Фишера или количество генерируемого на аноде йода определяется автоматически.

3.7 измерительная камера (ячейка) титратора Карла Фишера: Стеклоанодная емкость, снабженная рабочими и индикаторными электродами, погруженными в рабочий раствор, в котором протекает реакция воды с реактивом Карла Фишера.

3.8 кулонометрическая измерительная камера (ячейка): Измерительная камера (ячейка) титратора Карла Фишера, обеспечивающая реализацию кулонометрического метода Карла Фишера.

3.9 кулонометрическая измерительная камера (ячейка) с мембраной: Кулонометрическая измерительная камера (ячейка), в которой анодное и катодное пространства разделены ион-проницаемой мембраной.

3.10 кулонометрическая измерительная камера (ячейка) без мембраны: Кулонометрическая измерительная камера (ячейка), в которой анодное и катодное пространства не разделены ион-проницаемой мембраной.

3.11 пробоотборное устройство: Приспособление, используемое для подачи представительной пробы исследуемого вещества из точки отбора проб в пробоотборную линию.

Примечание – В состав пробоотборного устройства входят, как правило, пробоотборный зонд, запорный вентиль или шаровой кран, также можно использовать отдельные элементы системы пробоподготовки (фильтры, каплеотбойники, сепараторы, поглотители и т.п.).

3.12 система пробоподготовки: Совокупность приспособлений, используемых для подготовки пробы исследуемого вещества с целью корректного измерения физико-химических показателей.

Примечание – В состав системы пробоподготовки входят, как правило, фильтры очистки от механических примесей, сернистых соединений и других нежелательных примесей, а также системы редуцирования газа, подогрева и т. п.

3.13 пробоотборная система: Совокупность приспособлений, используемых для передачи представительной и подготовленной пробы исследуемого вещества из точки отбора проб непосредственно в анализатор или в контейнер для проб.

Примечание – В состав пробоотборной системы входят пробоотборное устройство, пробоотборная линия, система пробоподготовки, а также арматура и средства измерений (СИ) для обеспечения передачи представительной и подготовленной пробы из точки отбора проб в анализатор или в контейнер для проб.

4 Требования безопасности

4.1 Природный газ является газообразным малотоксичным пожаровзрывоопасным продуктом. По токсикологической характеристике природный газ относят к веществам четвертого класса опасности по ГОСТ 12.1.007.

4.2 Реактив Карла Фишера является жидким высокотоксичным пожаровзрывоопасным продуктом. По токсикологической характеристике реактив Карла Фишера относят к веществам 2-го класса опасности согласно ГОСТ 12.1.007.

4.3 Реактив Карла Фишера содержит йод, диоксид серы, а также, в зависимости от модификации, может содержать спирты (метанол, этанол и др.), простые эфиры (метил-, этилцеллозольв и др.), а также азотистые основания (пиридин, имидазол, диэтаноламин и др.).

4.4 Йод и диоксид серы являются негорючими токсичными веществами, метанол, метилцеллозольв, этилцеллозольв, пиридин, диэтаноламин являются горючими токсичными веществами, имидазол – негорючее, малотоксичное вещество. Йод, диоксид серы, пиридин и диэтаноламин оказывают раздражающее действие на кожные покровы, а также слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

4.5 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны установлены в ГОСТ 12.1.005.

4.6 Концентрацию вредных веществ в воздухе рабочей зоны при работе с природным и иными углеводородными газами определяют газоанализаторами, отвечающими требованиям ГОСТ 12.1.005.

4.7 Природный газ образует с воздухом взрывоопасные смеси. Концентрационные пределы воспламенения природного газа в смеси с воздухом, выраженные в процентах объемной доли метана: нижний - 4,4, верхний - 17,0 по ГОСТ 30852.19. Для природного и иных углеводородных газов конкретного состава концентрационные пределы воспламенения определяют по ГОСТ 12.1.044. Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей для смеси природного газа воздухом - IIA и T1 по ГОСТ 30852.11 и ГОСТ 30852.5, соответственно.

4.8 Реактив Карла Фишера относят к легковоспламеняющимся жидкостям 3-го класса по ГОСТ 19433.

4.9 Пары компонентов реактива Карла Фишера могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Концентрационные пределы воспламенения паров реактива Карла Фишера в смеси с воздухом в пересчете на метанол: нижний – 5,5 % об.; верхний – 36,0 % об. по ГОСТ 30852.19. Категория взрывоопасности и группа

взрывоопасных смесей для смеси паров реактива Карла Фишера с воздухом – IIA и T2 по ГОСТ 30852.11 и ГОСТ 30852.5 соответственно.

4.10 Требования безопасности при выполнении процедур по настоящему стандарту должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.019.

4.11 Работающие с природным газом и реактивом Фишера должны быть обучены правилам безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

4.12 Санитарно-гигиенические требования к показателям микроклимата и допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005.

4.13 Все операции с природным газом и реактивом Фишера проводят в зданиях и помещениях, обеспеченных вентиляцией, отвечающей требованиям ГОСТ 12.4.021 и соответствующих требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004 и имеющих средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009.

4.14 Искусственное освещение и электрооборудование зданий и помещений должны соответствовать требованиям взрывобезопасности ГОСТ 30852.0.

4.15 В настоящем стандарте не предусмотрено рассмотрение всех вопросов безопасности, связанных с его применением. Пользователь настоящего стандарта несет ответственность за установление соответствующих правил по технике безопасности и охране здоровья персонала, а также определяет целесообразность применения законодательных ограничений перед его использованием.

5 Требования охраны окружающей среды

5.1 Правила установления допустимых выбросов природного газа и паров компонентов реактива Карла Фишера в атмосферу – по ГОСТ 17.2.3.02.

5.2 Общие требования к охране поверхностных и подземных вод установлены в ГОСТ 17.1.3.05, ГОСТ 17.1.3.13.

5.3 Охрану почвы от загрязнения токсичными веществами осуществляют в соответствии с ГОСТ 17.4.2.01.

5.4 В настоящем стандарте не предусмотрено рассмотрение всех вопросов охраны окружающей среды, связанных с его применением. Пользователь настоящего стандарта несет ответственность за установление соответствующих правил по охране окружающей среды, а также определяет целесообразность применения законодательных ограничений перед его использованием.

6 Требования к квалификации персонала

Выполнение измерений массовой концентрации (молярной доли) паров воды в исследуемом газе и обработку результатов измерений проводят лица, изучившие руководство по эксплуатации используемых СИ и требования настоящего стандарта. Указанные лица должны изучить методы, изложенные в настоящем стандарте, а также методы отбора проб природного газа по ГОСТ 31370, пройти обязательный инструктаж по охране труда и промышленной безопасности, а также иметь допуск к работе с горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями, токсичными веществами, а также газами, находящимися под давлением.

7 Условия выполнения измерений

7.1 При выполнении измерений в соответствии с настоящим стандартом следует убедиться, что температура окружающей среды, атмосферное давление, относительная влажность, внешние механические воздействия, внешние электрические и магнитные поля, а также иные условия влияющие на работу и свойства применяемых СИ, оборудования и материалов, соответствуют требованиям, указанным в руководствах по их эксплуатации (паспортах).

7.2 При размещении потокового титратора К. Фишера в неотапливаемых помещениях при низких значениях температуры окружающей среды допускается устанавливать его в обогреваемый шкаф или аналогичное устройство (при условии, что уровень и вид взрывозащиты используемого устройства соответствует классу взрывоопасных зон, категории и группе взрывоопасных смесей).

8 Требования к средствам измерений, оборудованию, материалам и реактивам

8.1 Определение содержания водяных паров в природном газе проводят с использованием лабораторных, портативных или потоковых титраторов К. Фишера (далее – титраторов), соответствующих следующим основным требованиям:

- в области применения используемых портативных и потоковых титраторов должен быть указан природный газ или иные углеводородные газы;
- климатическое исполнение портативных и потоковых титраторов для соответствующего условиям эксплуатации макроклиматического района – по ГОСТ 15150;

- по защищенности от воздействия окружающей среды портативные и потоковые титраторы должны быть выполнены в пыле- и влагозащищенном исполнении. Степень защиты от проникновения пыли и воды используемых титраторов должна быть не ниже IP54 по ГОСТ 14254;

- конструкция портативных и потоковых титраторов должна быть выполнена с учетом общих требований ТР ТС 012/2011 для электрооборудования, размещаемого во взрывоопасных зонах;

- при проведении работ непосредственно во взрывоопасной зоне все элементы портативных и потоковых титраторов должны иметь взрывобезопасный уровень взрывозащиты согласно требованиям ТР ТС 012/2011 с соответствующей маркировкой взрывозащиты;

- по способу защиты человека от поражения электрическим током, используемые титраторы должны относиться к классу 01 по ГОСТ 12.2.007.0;

- применяемый титратор должен иметь действующее свидетельство о поверке, методику поверки, утвержденную в установленном порядке, сертификат взрывозащиты (при использовании титратора во взрывоопасной зоне), выданный уполномоченной организацией, а также руководство по эксплуатации.

8.2 При выполнении измерений используют СИ, оборудование, материалы и реактивы, соответствующие требованиям настоящего стандарта и руководства по эксплуатации титратора.

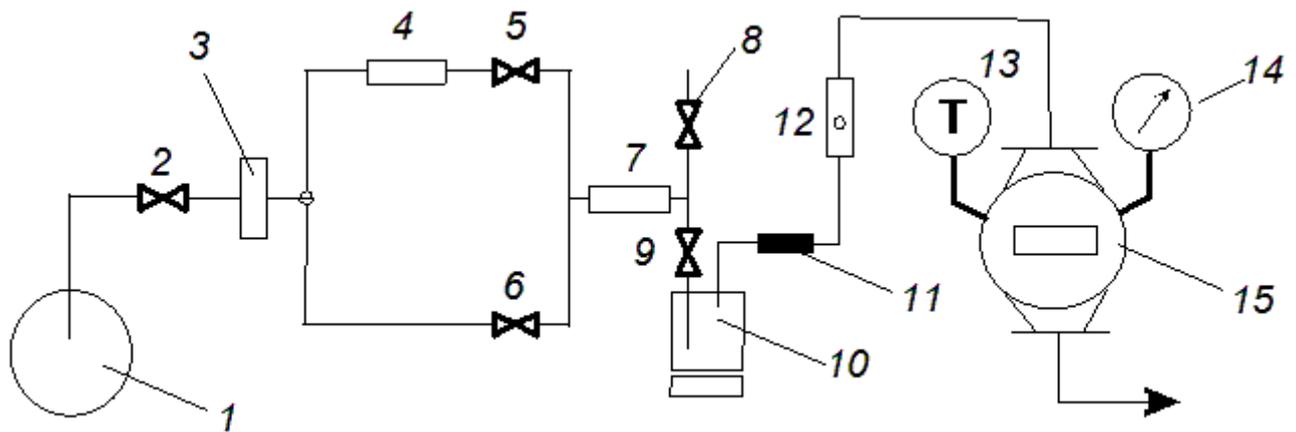
8.3 Операции по выполнению измерений массовой концентрации и молярной доли водяных паров в природном газе проводят с учетом требований настоящего стандарта и руководств по эксплуатации применяемых СИ и оборудования.

9 Отбор проб

9.1 Отбор проб исследуемого газа – по ГОСТ 31370 с учетом приведенных в настоящем разделе требований.

9.2 Если массовая концентрация (молярная доля) водяных паров в исследуемом газе не превышает $0,75 \text{ г/м}^3$ (0,1 %), отбор проб исследуемого газа следует проводить непосредственно в измерительную камеру (ячейку) портативного или промышленного титратора через штуцер, снабженный запорным вентилем (см. рисунок 1).

9.3 Если массовая концентрация (молярная доля) водяных паров в исследуемом газе превышает $0,75 \text{ г/м}^3$ (0,1 %), допускается проводить косвенный отбор проб исследуемого газа в двухвентильные баллоны (контейнеры) (см. рисунок 2).



1 – источник исследуемого газа; 2 – запорный вентиль; 3 – механический (капельный) фильтр; 4 – осушающий фильтр; 5, 6, 9 – вентили тонкой регулировки; 7 – фильтр с сорбентом сернистых соединений; 8 – сбросной вентиль; 10 – измерительная камера (ячейка); 11 – осушающая трубка; 12 – СИ расхода исследуемого газа; 13 – термометр; 14 – СИ давления; 15 – газовый счетчик с жидкостным затвором

Рисунок 1 – Схема пробоподготовки для реализации метода К. Фишера в полевых условиях

9.4 Объем баллонов (контейнеров) для отбора проб исследуемого газа должен быть достаточным для проведения предусмотренного методикой числа измерений с учетом давления и температуры исследуемого газа в баллоне.

9.5 Пробоотборные линии должны быть по возможности короткими, изготовлены из нержавеющей стали марок 12X18H10T, 08X18H12T по ГОСТ 5632 или других материалов, аналогичных им по свойствам, химически инертных к водяным парам и не сорбирующих их.

9.6 Все используемое при отборе проб исследуемого газа вспомогательное оборудование (редуктор, фильтры), а также соединительные элементы и уплотнения между элементами пробоотборной системы, контактирующие с исследуемым газом, должны быть изготовлены из нержавеющей стали марок, указанных в 9.5, фторопласта по ГОСТ 10007, или из других материалов, аналогичных им по свойствам, химически инертных к водяным парам и не сорбирующих их.

9.7 Для обеспечения эффективного взаимодействия исследуемого газа с реактивом К. Фишера вводят исследуемый газ в измерительную камеру (ячейку) титратора при помощи капилляра или трубки, снабженной распылителем из спеченного металла или другого материала, аналогичного по свойствам, химически инертного к компонентам реактива К. Фишера и исследуемого газа.

9.8 Особое внимание следует уделять герметичности шлифовых соединений измерительной камеры (ячейки) титратора. Шлифовые стеклянные соединения должны быть смазаны специальной смазкой для шлифовых соединений.

9.9 Температура исследуемого газа в пробоотборной линии до сброса давления должна быть не ниже температуры в точке отбора пробы исследуемого газа (далее – точке отбора). Если температура исследуемого газа в пробоотборной линии ниже температуры исследуемого газа в точке отбора, пробоотборную линию подогревают электронагревательными элементами, соответствующими требованиям ГОСТ 31370.

9.10 Если массовая концентрация сероводорода и меркаптанов в исследуемом газе при стандартных условиях (в пересчете на серу) не превышает 20 % от предполагаемого значения массовой концентрации водяных паров, влияние указанных сернистых компонентов на результат измерений корректируют по формуле

$$W_n = W_u - \frac{9}{16} \cdot S_{H_2S} - \frac{9}{32} \cdot S_{RSH}, \quad (1)$$

где W_n – предполагаемая массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе при стандартных условиях, мг/м³;

W_u – измеренная массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе при стандартных условиях, мг/м³;

9/16 – коэффициент для учета эквивалентного количества сероводородной серы при реакции сероводорода с йодом;

S_{H_2S} – массовая концентрация сероводородной серы в исследуемом газе при стандартных условиях, мг/м³, которую вычисляют по формуле

$$S_{H_2S} = 0,94 \cdot X_{H_2S}, \quad (2)$$

где X_{H_2S} – массовая концентрация сероводорода при стандартных условиях, мг/м³;

9/32 – коэффициент для учета эквивалентного количества меркаптановой серы при реакции меркаптанов с йодом;

S_{RSH} – массовая концентрация меркаптановой серы в исследуемом газе при стандартных условиях, мг/м³.

Пример вычисления, учитывающий влияние сернистых соединений на результат измерений содержания водяных паров в природном газе, приведен в приложении Б.

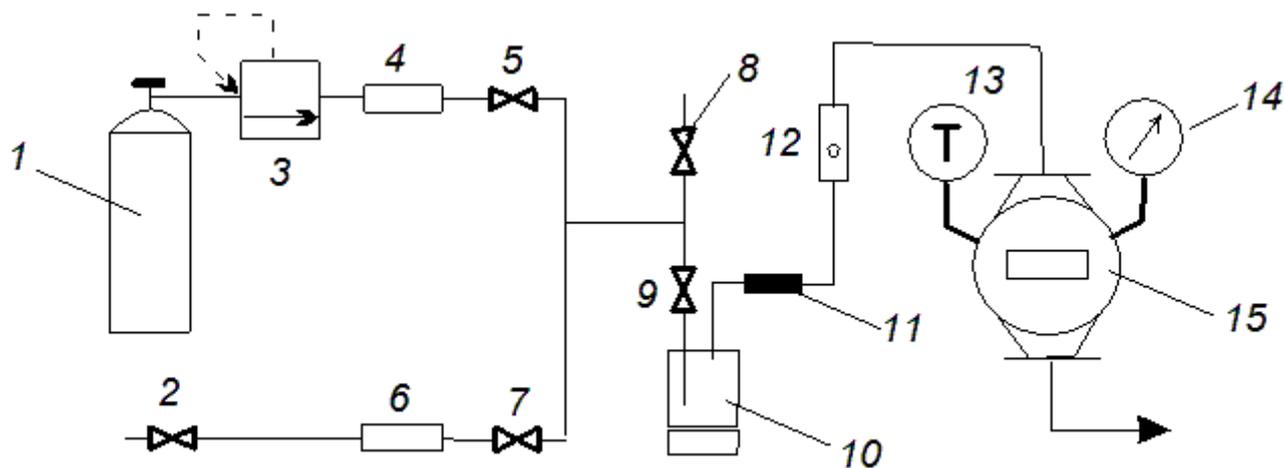
П р и м е ч а н и е – Если массовая концентрация сероводорода и меркаптановой серы в исследуемом газе при стандартных условиях не превышает 1 мг/м³, допускается не корректировать результат измерений по 9.10.

9.11 Если массовая концентрация сероводорода и меркаптанов в исследуемом газе при стандартных условиях (в пересчете на серу) превышает 20 % от предполагаемого значения массовой концентрации водяных паров, но менее 30 мг/м³ (в пересчете

на серу), влияние указанных серосодержащих компонентов можно устранить при помощи специальных фильтров.

9.12 Следует учитывать, что использование специальных фильтров приводит к увеличению времени продувки системы пробоподготовки на $15 \div 30$ мин в зависимости от содержания водяных паров в исследуемом газе.

9.13 Если массовая концентрация (молярная доля) водяных паров в исследуемом газе при стандартных условиях менее $7,5 \text{ мг/м}^3$ (0,001 %) для быстрого высушивания пробоботборной линии и измерительной камеры (ячейки) титратора между измерениями или для проведения холостого измерения при реализации кулонометрического метода следует применять вспомогательный сухой газ, подаваемый из баллона (см. рисунок 2) или из точки отбора пробы (см. рисунок 1).



1 – баллон с сухим инертным газом; 2 – запорный вентиль линии подачи исследуемого газа из баллона или пробоботборной линии, проведенной в лабораторию; 3 – регулятор давления; 4 – осушающий фильтр; 5, 7, 9 – вентили тонкой регулировки; 6 – фильтр с сорбентом сернистых соединений; 8 – сбросной вентиль; 10 – измерительная камера (ячейка); 11 – осушающая трубка; 12 – СИ расхода исследуемого газа; 13 – термометр; 14 – СИ давления; 15 – газовый счетчик с жидкостным затвором

Рисунок 2 – Схема пробоподготовки для реализации метода К. Фишера в лабораторных условиях

9.14 В качестве сухого вспомогательного газа из баллона можно использовать любой инертный газ с достаточной степенью чистоты, например азот по ГОСТ 9293, аргон по ГОСТ 10157 или другой инертный газ с аналогичными характеристиками.

9.15 Вспомогательный газ осушают при помощи осушающего фильтра с предва-

рительно регенерированными цеолитами.

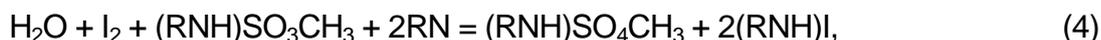
9.16 Для удаления из исследуемого газа механических примесей следует использовать специальные фильтры.

9.17 Целесообразно в качестве фильтра механических примесей при проведении измерений потоковыми титраторами использовать циклонный сепаратор, состоящий из камеры высокого давления, входного и выходного соединительных фитингов и дренажного вентиля, так как данная конструкция позволяет производить очистку (продувку) полости фильтра от накопившихся примесей без приостановки процесса измерений.

10 Сущность методов измерений

10.1 Общая сущность методов измерений содержания воды по К. Фишеру

10.1.1 Сущность методов измерений содержания воды по К. Фишеру заключается в химическом взаимодействии йода с сернистым ангидридом, которое протекает в присутствии воды в специфической среде, содержащей органический полярный растворитель (например, метанол, этанол или метил-, этилцеллозольв) и азотистое основание (например, пиридин, имидазол, диэтиламин), с образованием соответствующих соединений йодистоводородной и метилсерной кислоты с азотистым основанием по следующим реакциям (для варианта с органическим полярным растворителем – метанолом):



где RN – азотистое основание.

10.1.2 В зависимости от регистрируемой физической величины, связанной с содержанием водяных паров в исследуемом газе, используют титриметрический (волюмометрический) и кулонометрический методы К. Фишера.

10.1.3 В титриметрическом методе фиксируется объем реактива К. Фишера, затраченного на титрование воды из исследуемого газа в измерительной камере, в кулонометрическом – фиксируется количество электричества, затраченного на генерацию йода от начала до окончания реакции с водяными парами исследуемого газа в измерительной камере (ячейке) титратора.

10.1.4 После завершения реакции водяных паров исследуемого газа с реактивом К. Фишера в измерительной камере (ячейке) титратора в растворе повышается концентрация свободного йода, что указывает на окончание реакции.

10.1.5 Момент окончания реакции в зависимости от конфигурации титратора можно зафиксировать бипотенциметрическим или биамперометрическими способами.

10.2 Сущность титриметрического метода

10.2.1 В титриметрическом методе измерений содержания воды по К. Фишеру измеряют объем титранта (реактива К. Фишера), израсходованного в процессе реакции с водой, поглощенной реактивом К. Фишера при пропускании через него известного объема исследуемого газа.

10.2.2 Момент окончания реакции титрования определяют бипотенциометрическим или биамперометрическим способом при помощи индикаторных электродов, погруженных в реактив К. Фишера в измерительной камере (ячейке) титратора.

10.2.3 Допускается использовать как ручную, так и автоматическую титровальную бюретку. В настоящем стандарте предусмотрено использование автоматической бюретки.

10.2.4 Массу воды в анализируемой пробе исследуемого газа N , мг, вычисляют по объему израсходованного титранта (реактива К. Фишера) по формуле

$$N = V \cdot T, \quad (5)$$

где V – объем реактива К. Фишера, израсходованного на титрование пробы, см³;

T – титр реактива К. Фишера, мг/см³.

10.2.5 Титр реактива К. Фишера определяют, анализируя стандартный образец с известным содержанием воды в соответствии с руководством по эксплуатации титратора.

10.2.6 При снижении значения титра реактива К. Фишера ниже установленного в руководстве по эксплуатации титратора, реактив в измерительной камере (ячейке) титратора заменяют на свежий.

10.2.7 Титриметрический метод следует применять для диапазона значений массовой концентрации (молярной доли) водяных паров в исследуемом газе от 75 мг/м³ (0,01%) до 7,5 г/м³ (1,0 %).

10.3 Сущность кулонометрического метода

10.3.1 В кулонометрическом методе измерений содержания воды по К. Фишеру определяют количество электричества, затраченного на генерацию йода, при реакции с водой, поглощенной реактивом при пропускании через него известного объема исследуемого газа.

10.3.2 Момент окончания реакции титрования определяют бипотенциометрическим или биамперометрическим способом при помощи индикаторных электродов, погруженных в реактив К. Фишера в измерительной камере (ячейке) титратора.

10.3.3 Для реализации кулонометрического метода используют только автоматический титратор.

10.3.4 Массу воды, содержащейся в анализируемой пробе исследуемого газа, вычисляют в соответствии с законом Фарадея из измеренных титратором величин силы тока и времени протекания реакции К. Фишера.

10.3.5 Титратор автоматически регистрирует время начала и окончания реакции (по изменению потенциала на индикаторных электродах), затем вычисляет массу воды N , мг, содержащейся в пропущенной через кулонометрическую ячейку пробе исследуемого газа по формуле

$$N = \frac{M \cdot Q}{z \cdot F} = \frac{M \cdot \int Idt}{z \cdot F}, \quad (6)$$

где M – масса моля воды, равная 18015,28 мг/моль;

Q – количество электричества, прошедшего через раствор за время анализа, Кл;

z – количество электронов, переходящих по реакции К. Фишера из раствора на электрод в пересчете на одну молекулу воды, равное 2;

F – постоянная Фарадея, равная 96485,332 Кл/моль;

I – сила тока, измеренная титратором, А;

t – время электролиза (с момента начала до полного завершения титрования), с.

10.3.6 Кулонометрический метод следует применять для диапазона значений массовой концентрации (молярной доли) водяных паров в природном газе от 0,75 мг/м³ (0,0001 %) до 0,75 г/м³ (0,1 %).

11 Титриметрический метод

11.1 Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы

11.1.1 При измерениях массовой концентрации водяных паров в природном газе титриметрическим методом используют следующие СИ, оборудование, материалы и реактивы:

- титратор, реализующий титриметрический метод и имеющий метрологические и технические характеристики, не уступающие приведенным ниже:

1) абсолютный нижний предел измерения содержания воды должен быть не более 100 мкг;

2) абсолютный верхний предел измерения содержания воды должен быть не менее 100 мг;

3) пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы воды

должны быть не более $\pm 3,0$ % во всем рабочем диапазоне титратора;

4) возможность эксплуатации и транспортирования при температуре окружающей среды – в диапазоне от 5 °С до 40 °С;

5) время установления рабочего режима (предварительный прогрев) – не более 20 мин;

- автоматическую цифровую бюретку, снабженную поршневым микродозатором и системой автоматического заполнения реактивом, с рабочим объемом не менее 5 см³ и точностью (дискретностью) дозирования титранта (реактива К. Фишера) не более 5 мкл (если бюретка не входит в комплект поставки титратора);

- измерительную стеклянную камеру (ячейку) объемом не менее 100 см³ (если измерительная камера не входит в комплект поставки титратора);

- магнитную мешалку с возможностью регулирования скорости перемешивания, обеспечивающую вращение перемешивающего магнитного якоря со скоростью не менее 200 об/мин и перемешивание не менее 75 см³ реактива К. Фишера (если магнитная мешалка не входит в комплект поставки титратора);

- СИ объема исследуемого газа (газовый счетчик), позволяющее измерять объем исследуемого газа в диапазоне значений расхода газа от 0,1 до 1,0 дм³/мин с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 1,0$ % или не ниже 1,0 класса точности, снабженный СИ температуры и избыточного давления исследуемого газа;

Пример – Счетчик газовый барабанный TG-01.

- СИ давления, позволяющее измерять атмосферное давление в диапазоне от 80 до 105 кПа (от 610 до 790 мм рт. ст.) с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,2$ кПа ($\pm 1,5$ мм рт. ст.);

Пример – метеорологический контрольный барометр-анероид М-67.

- СИ расхода, позволяющее измерять объемный расход исследуемого (вспомогательного) газа в диапазоне от 0,1 до 1,0 дм³/мин с пределами допускаемой относительной погрешности не более ± 4 % верхнего предела измерений;

Пример – В качестве СИ расхода может использоваться ротаметр по ГОСТ 13045.

- СИ температуры, позволяющее измерять температуру исследуемого газа в диапазоне от 0 °С до 45 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ °С;

Пример – В качестве СИ температуры может использоваться термометр жидкостный стеклянный по ГОСТ 28498.

- фильтр для очистки исследуемого газа от механических примесей;

Пример – Фильтр механических примесей КРАУ 6.451.015 (производитель – ООО «НПО «Вымпел»).

- фильтр для очистки исследуемого газа от сернистых соединений;

Пример – фильтры сернистых соединений SulfurTrap производства Valco Instruments Co.;

- осушающий фильтр для очистки вспомогательного газа от водяных паров;

Примечания

1 Допускается использовать фильтр, аналогичный по конструкции фильтру для очистки исследуемого газа от механических примесей, заполненный осушителем.

2 Для предотвращения увлажнения осушителя парами воды из окружающего воздуха картриджи фильтра заполняют непосредственно перед проведением измерений или хранят предварительно заполненные картриджи в герметичной емкости из инертного (негигроскопичного) и непроницаемого материала.

- цеолиты NaA, KA или CaA;

- соединительные трубки, удовлетворяющие требованиям 9.5, диаметром от 3 до 6 мм;

- тройник, удовлетворяющий требованиям 9.5;

- вентили тонкой регулировки, удовлетворяющие требованиям 9.5, обеспечивающие регулирование объемного расхода исследуемого газа в диапазоне от 0,1 до 2,5 дм³/мин;

- имеющийся в продаже реактив К. Фишера или приготовленный в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 14870;

- осушающую трубку (осушающий фильтр), заполненную цеолитами, хлоридом кальция, ангидроном, силикагелем-индикатором по ГОСТ 8984 или другим подходящим поглотителем водяных паров для предотвращения реверсного попадания водяных паров из газового счетчика в измерительную камеру (ячейку) титратора;

- двухвентильный баллон (контейнер) из нержавеющей стали марок 12X18H10T, 08X18H12T по ГОСТ 5632 или других аналогичных материалов, инертных к водяным парам, и не сорбирующих их, рассчитанный на рабочее давление в точке отбора проб исследуемого газа (с коэффициентом запаса не менее 1,25), внутренним объемом, достаточным для выполнения необходимого количества измерений, но не менее 1,0 дм³;

- редуктор газовый (регулятор давления), удовлетворяющий требованиям 9.5, с внешним или внутренним электроподогревом, позволяющий снизить давление исследуемого газа в точке отбора до атмосферного давления (рабочего давления в камере титратора);

Пример – Специализированный редуктор давления с электрическим нагревом KEV1MRA322PX0007.

- смазку ЦИАТИМ-221 по ГОСТ 9433 для смазывания шлифовых соединений;

- гибкие поливинилхлоридные трубки, обеспечивающие герметичное соединение элементов схем (см. рисунки 1 и 2) от выходной трубки титратора до газового счетчика;

Примечание – В качестве гибкой поливинилхлоридной трубки допускается использовать ме-

дицинскую поливинилхлоридную трубку по [2]. В качестве гибкой силиконовой трубки допускается использовать трубку силиконовую медицинскую ТСМ по [3].

- азот по ГОСТ 9293;

- аргон по ГОСТ 10157;

- весы лабораторные по ГОСТ 24104 с допускаемой погрешностью взвешивания не более 0,0005 г;

- гири по ГОСТ OIML R 111-1;

- микрошприцы жидкостные вместимостью от 5 до 100 мм³;

Пример – Микрошприц МШ-10.

- шприцы стеклянные многоразовые вместимостью от 1,0 до 5,0 см³;

- дистиллированную воду по ГОСТ 6709;

- стандартный образец массовой доли воды с массовой долей воды в диапазоне от 0,1 % до 0,01 % с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 3,0$ % (допускается использовать ГСО массовой доли воды в органической жидкости, например, ГСО 9088-2008);

11.1.2 Допускается использовать другие СИ, оборудование, материалы и реактивы по метрологическим, техническим и квалификационным характеристикам не уступающие вышеперечисленным требованиям.

11.1.3 Для контроля температуры, давления и относительной влажности окружающего воздуха в месте размещения титратора применяют дополнительные СИ.

11.2 Подготовка к проведению измерений

11.2.1 В чистую сухую измерительную камеру (ячейку) наливают реактив К. Фишера в количестве, не превышающем предельную величину, указанную в руководстве по эксплуатации используемого титратора или на конкретную измерительную камеру (ячейку).

11.2.2 Собирают титратор в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Пр и м е ч а н и е – В измерительной камере (ячейке) титратора следует обеспечить принудительное перемешивание реактива К. Фишера при помощи магнитной мешалки.

11.2.3 Включают титратор, проверяют его готовность и проводят предварительные процедуры в соответствии с его руководством по эксплуатации.

11.2.4 Перед началом основных измерений допускается проводить пробное титрование для определения пригодности реактива К. Фишера. Критерием замены реактива может служить изменение его титра, длительное время титрования известного количества воды или другой признак, указанный в руководстве по эксплуатации титратора.

11.2.5 При несоответствии реактива К. Фишера критериям, указанным в 11.2.4, реактив в измерительной камере (ячейке) титратора заменяют свежим.

11.2.6 При реализации данного метода используют имеющиеся в продаже реактивы К. Фишера.

Примечание – Допускается также использовать реактив К. Фишера, приготовленный в лабораторных условиях по методике, изложенной в ГОСТ 14870, который перед применением выдерживают не менее 24 ч.

11.2.7 При проведении измерений в полевых условиях пробоотборное устройство, соответствующее требованиям ГОСТ 31370, продувают исследуемым газом, для чего полностью открывают запорный вентиль на несколько секунд, затем закрывают запорный вентиль и подсоединяют к пробоотборной линии.

11.2.8 Пробоотборную линию продувают исследуемым газом, приоткрывая запорный вентиль 2 (см. рисунки 1 и 2) на 20-30 секунд, и затем подсоединяют систему пробоподготовки.

11.2.9 Собирают и подключают к пробоотборной линии (баллону) систему пробоподготовки (см. рисунки 1 и 2) до вентиля тонкой регулировки 8, 9 включительно.

11.2.10 Открывают полностью запорный вентиль пробоотборного устройства (баллона), регулируют поток исследуемого газа сбросным вентиляем 8 (при закрытом вентиле 9) для продувки пробоотборной линии и устанавливают расход исследуемого газа в пределах от 1,0 до 2,0 дм³/мин по СИ расхода, подсоединяя его к выходу вентиля 8.

11.2.11 После запуска исследуемого газа в пробоотборную систему, но до начала продувки, проверяют герметичность системы под рабочим давлением до вентиля 8, 9 путем обработки трубок и соединений пробоотборной системы пенящимся раствором.

11.2.12 При необходимости устраняют негерметичность, предварительно закрыв запорный вентиль и сбросив давление путем постепенного открытия вентиля 8 или 9. Затем выполняют процедуры по 11.2.10.

11.2.13 После продувки пробоотборной системы в течение 10÷15 мин закрывают вентиль 8, подсоединяют к вентилю 9 входную трубку титратора, при помощи гибких трубок подсоединяют к выходу титратора последовательно осушающую трубку, СИ расхода исследуемого газа и газовый счетчик.

11.2.14 Затем плавно приоткрывают вентиль 9 и устанавливают расход газа через камеру титратора, равный 1 дм³/мин.

11.2.15 Проверяют отсутствие утечек исследуемого газа, начиная с вентиля 9 и далее по схеме до газового счетчика, путем обработки соединений пенящимся раствором.

11.2.16 При необходимости устраняют негерметичность соединений, предвари-

тельно закрыв вентиль 9. Затем повторяют процедуры, начиная с 11.2.14.

11.2.17 После проверки герметичности соединений закрывают вентиль 9 и приступают к выполнению измерений.

11.2.18 Перед началом выполнения измерений убеждаются в готовности титратора к началу измерений по индикации на его дисплее или проводят процедуры в соответствии с руководством по эксплуатации титратора для приведения его в состояние готовности.

11.3 Проведение измерений

11.3.1 При помощи вентиля тонкой регулировки устанавливают расход исследуемого газа через измерительную камеру в зависимости от предполагаемой массовой концентрации водяных паров в соответствии с таблицей 1 и одновременно фиксируют начальные показания газового счетчика.

11.3.2 Пропускают через измерительную камеру объем исследуемого газа, указанный в таблице 1, в зависимости от предполагаемой массовой концентрации водяных паров, затем перекрывают вентиль регулирования расхода и фиксируют конечное показание газового счетчика.

Т а б л и ц а 1 – Рекомендуемые объемные расходы и объемы исследуемого газа в зависимости от предполагаемого содержания водяных паров в исследуемом газе при реализации титриметрического метода К. Фишера

Массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе, г/м ³	Объемный расход исследуемого газа, дм ³ /мин	Объем исследуемого газа для анализа, дм ³
От 0,075 до 0,15 включ.	От 0,45 до 0,33 включ.	От 2,16 до 1,30 включ.
От 0,15 до 0,375 включ.	От 0,33 до 0,25 включ.	От 1,30 до 0,77 включ.
От 0,375 до 0,75 включ.	От 0,25 до 0,20 включ.	От 0,77 до 0,46 включ.
От 0,75 до 1,5 включ.	От 0,20 до 0,17 включ.	От 0,46 до 0,28 включ.
От 1,5 до 3,75 включ.	От 0,17 до 0,13 включ.	От 0,28 до 0,17 включ.
От 3,75 до 7,5 включ.	От 0,13 до 0,10 включ.	От 0,17 до 0,10 включ.

П р и м е ч а н и е – В каждом диапазоне значений содержания водяных паров в исследуемом газе меньшим значениям массовой концентрации соответствуют большие значения объемного расхода и объема исследуемого газа.

11.3.3 После пропускания заданного объема исследуемого газа через измерительную камеру (ячейку) титратора, запускают процедуру измерения вручную, если титратор не делает этого автоматически.

11.3.4 После окончания измерений записывают показания титратора (количе-

ство измеренной воды) в мг. Допускается записывать объем использованного на титрование реактива К. Фишера с точностью до 1 мкл.

11.3.5 Записывают показания СИ объема газа, а также значения температуры окружающей среды (исследуемого газа в счетчике, при наличии встроенного СИ температуры) и атмосферное давление (давление в счетчике).

11.3.6 Вычисляют массовую концентрацию водяных паров W , мг/м³, в исследуемом газе по результатам измерений по формуле

$$W = \frac{N \cdot 1000 \cdot (273,15 + t_k) \cdot 101,325}{V \cdot (P_a - P_t) \cdot 293,15} \quad (7)$$

где N – масса воды в пропущенном объеме исследуемого газа, определенная титратором, мг, (для титриметрического метода N предварительно определяют по формуле (5);

t_k – температура исследуемого газа в газовом счетчике, измеренная при проведении испытаний, °С;

V – объем исследуемого газа, пропущенного через измерительную камеру (ячейку) титратора, измеренный СИ объема газа (газовым счетчиком), дм³;

P_a – абсолютное давление в газовом счетчике, кПа;

P_t – давление насыщенного водяного пара при температуре t_k , определяемое по приложению В, кПа;

1000 – коэффициент для пересчета м³ из дм³.

Примечания

1 Если в процессе измерения объема исследуемого газа разница между максимальным и минимальными значениями температуры в газовом счетчике превышает 0,5 °С, но не превышает 2,0 °С, за температуру исследуемого газа следует принимать среднее арифметическое максимального и минимального значений температуры, зафиксированных в период измерений в газовом счетчике.

2 Если в процессе измерения объема исследуемого газа разница между максимальным и минимальными значениями температуры в газовом счетчике превышает 2,0 °С, измерение следует провести повторно.

11.3.7 При необходимости коррекции полученного значения массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе с учетом влияния сернистых соединений используют формулу (1).

11.3.8 При необходимости выражения результата измерений в единицах молярной доли водяных паров, вычисляют ее из полученных значений массовой концентрации водяных паров по приложению А.

11.3.9 Повторяют процедуры измерений по 11.3.1 – 11.3.8 в условиях повторяемости еще три раза. При обработке результатов измерений учитывают результаты двух последних измерений.

11.3.10 Обработку и оформление результатов измерений проводят в соответствии с требованиями раздела 14.

11.3.11 Контроль точности измерений выполняют в соответствии с требованиями раздела 15.

12 Кулонометрический метод

12.1 Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы

При измерениях массовой концентрации водяных паров в природном газе кулонометрическим методом используют следующие СИ, оборудование, материалы и реактивы:

- титратор, реализующий кулонометрический метод и имеющий метрологические и технические характеристики, не уступающие приведенным ниже:

1) абсолютный нижний предел измерения содержания воды должен быть не более 1 мкг;

2) абсолютный верхний предел измерения содержания воды должен быть не менее 10 мг;

3) пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы воды должны быть не более $\pm 3,0$ % во всем рабочем диапазоне титратора,

4) возможность эксплуатации и транспортирования при температуре окружающей среды – в диапазоне от 5 °С до 40 °С,

5) время установления рабочего режима (предварительный прогрев) – не более 20 мин;

- СИ, вспомогательные устройства, материалы и реактивы, приведенные в 11.1.

12.2 Подготовка к проведению измерений

12.2.1 Проводят операции по 11.2.1.

П р и м е ч а н и е – Если в измерительной камере (ячейке) кулонометрического титратора анодное и катодное пространства разделены ион-проницаемой мембраной на отдельные камеры, то в анодную камеру заливают реактив К. Фишера КФИ-АНОД, а в катодную камеру – КФИ-КАТОД или их аналоги.

12.2.2 Проводят операции по 11.2.2-11.2.4. Критерием замены реактива может служить длительное время титрования известного количества воды или другой признак, указанный в руководстве по эксплуатации титратора. При несоответствии реактива К. Фишера данным критериям, его заменяют свежим. Далее проводят операции по 11.2.6-11.2.18.

12.3 Проведение измерений

12.3.1 Соединяют входную трубку измерительной камеры титратора с вентилем тонкой регулировки расхода исследуемого газа, предварительно подключив осушающую трубку и газовый счетчик к выходному патрубку измерительной камеры титратора.

12.3.2 При помощи вентиля тонкой регулировки устанавливают расход исследуемого газа через измерительную камеру титратора в зависимости от предполагаемой массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе в соответствии с таблицей 2, одновременно фиксируют начальные показания газового счетчика.

12.3.3 Пропускают через измерительную камеру титратора объем исследуемого газа, указанный в таблице 2, в зависимости от предполагаемой массовой концентрации водяных паров, затем закрывают вентиль регулирования расхода исследуемого газа и фиксируют конечное показание газового счетчика.

12.3.4 После окончания пропускания заданного объема исследуемого газа через измерительную камеру (ячейку) титратора включают титратор на измерение, если он не сделал этого автоматически в ходе пропускания исследуемого газа.

Т а б л и ц а 2 – Рекомендуемые объемные расходы и объемы исследуемого газа в зависимости от предполагаемой массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе при реализации кулонометрического метода К. Фишера

Массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе, мг/м ³	Объемный расход исследуемого газа, дм ³ /мин	Объем исследуемого газа для анализа, дм ³
От 0,75 до 1,5 включ.	От 1,0 до 0,75 включ.	От 10,0 до 6,0 включ.
От 1,5 до 3,8 включ.	От 0,75 до 0,60 включ.	От 6,0 до 3,6 включ.
От 3,8 до 7,5 включ.	От 0,60 до 0,45 включ.	От 3,60 до 2,16 включ.
От 7,5 до 15,0 включ.	От 0,45 до 0,33 включ.	От 2,16 до 1,30 включ.
От 15,0 до 37,5 включ.	От 0,33 до 0,25 включ.	От 1,30 до 0,77 включ.
От 37,5 до 75,0 включ.	От 0,25 до 0,20 включ.	От 0,77 до 0,46 включ.

П р и м е ч а н и е – В каждом диапазоне значений массовой концентрации водяных паров меньшим значениям массовой концентрации соответствуют большие значения объемного расхода и объема исследуемого газа.

12.3.5 После окончания измерений записывают показания титратора (измеренную массу воды).

12.3.6 Записывают показания газового счетчика, а также значения температуры окружающей среды (газа в счетчике) и атмосферного давления.

12.3.7 При измерении малых значений массовой концентрации водяных паров (от 0,75 до 7,5 мг/м³) следует провести предварительное холостое измерение на осушенном исследуемом газе с целью определения значения «фоновой влажности исследуемого газа» для компенсации расхода йода из реактива К. Фишера при продувке его исследуемым газом.

12.3.8 Холостое измерение проводят по 12.3.1–12.3.6 с осушенным исследуемым газом. Учитывают массу воды при холостом титровании, если ее значение превышает значение эквивалентной массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, равное 0,1 мг/м³, с учетом пропущенного через измерительную камеру титратора объема осушенного исследуемого газа.

12.3.9 Следует строго соблюдать условие равенства объемов осушенного и неосушенного исследуемых газов, пропускаемых через ячейку при холостом и основном измерениях.

12.3.10 Вычисляют массовую концентрацию водяных паров W , мг/м³, в исследуемом газе по формуле

$$W = \frac{(N - N_o) \cdot 1000 \cdot (273,15 + t_k) \cdot 101,325}{V \cdot (P_a - P_t) \cdot 293,15}, \quad (8)$$

где N – масса воды в пропущенном объеме исследуемого газа, определенная титратором, мг;

N_o – масса воды в пропущенном объеме осушенного исследуемого газа, определенная титратором при холостом измерении, мг;

П р и м е ч а н и е – Значение N_o принимают равным нулю, если холостое измерение не проводилось.

t_k – температура исследуемого газа в газовом счетчике при проведении испытаний, °С;

V – объем исследуемого газа, пропущенного через измерительную камеру (ячейку), дм³;

P_a – абсолютное давление в газовом счетчике, кПа;

P_t – давление насыщенного водяного пара при температуре t_k (см. приложение В), кПа;

1000 – коэффициент для пересчета м³ из дм³.

П р и м е ч а н и я

См. примечания к п. 11.3.6.

12.3.11 При необходимости коррекции полученного значения массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе с учетом влияния сернистых соединений используют формулу (1).

12.3.12 При необходимости выражения результата измерений в единицах мольной доли водяных паров, вычисляют ее из полученных значений массовой концентрации водяных паров по приложению А.

12.3.13 Повторяют процедуру измерения в соответствии с 12.3.1–12.3.12 в условиях повторяемости еще три раза. При обработке результатов измерений используют результаты двух последних измерений.

12.3.14 Обработка и оформление результатов измерений – по разделу 14.

12.3.15 Контроль точности измерений – по разделу 15.

13 Метрологические характеристики (показатели точности) измерений

13.1 Значения доверительных границ относительной погрешности и среднеквадратического отклонения повторяемости результатов измерений массовой концентрации водяных паров в природном газе титриметрическим методом приведены в таблице 3.

13.2 Значения доверительных границ относительной погрешности и среднеквадратического отклонения повторяемости результатов измерений массовой концентрации водяных паров в природном газе кулонометрическим методом приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 3 – Доверительные границы относительной погрешности результатов измерений массовой концентрации водяных паров в природном газе титриметрическим методом К. Фишера

Массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе, W , мг/м ³	Доверительные границы относительной погрешности результатов измерений $\pm\delta_{и}$, $P=0,95$, %	Среднеквадратическое отклонение повторяемости результатов измерений $\sigma_{г}$, %
От 75 до 150 включ.	$-0,04 \cdot W + 18$	$-0,02 \cdot W + 9$
От 150 до 375 включ.	$-0,01333 \cdot W + 14$	$-0,006667 \cdot W + 7$
От 375 до 750 включ.	$-0,00533 \cdot W + 11$	$-0,002667 \cdot W + 5,5$
От 750 до 1500 включ.	$-0,002667 \cdot W + 9$	$-0,001333 \cdot W + 4,5$
От 1500 до 3750 включ.	$-0,0004444 \cdot W + 5,7$	$-0,0002222 \cdot W + 2,8$
От 3750 до 7500 включ.	$-0,0002667 \cdot W + 5$	$-0,0001333 \cdot W + 2,5$

Т а б л и ц а 4 – Доверительные границы относительной погрешности результатов измерений массовой концентрации водяных паров в природном газе кулонометрическим методом К. Фишера

Массовая концентрация водяных паров в исследуемом газе, W , мг/м ³	Доверительные границы относительной погрешности результатов измерений $\pm\delta_{и}, P=0,95, \%$	Среднеквадратическое отклонение повторяемости результатов измерений $\sigma_r, \%$
От 0,75 до 1,5 включ.	$-13,33 \cdot W + 55$	$-6,667 \cdot W + 27,5$
От 1,5 до 3,75 включ.	$-4,443 \cdot W + 41,7$	$-2,221 \cdot W + 20,83$
От 3,75 до 7,5 включ.	$-1,333 \cdot W + 30$	$-0,6664 \cdot W + 15$
От 7,5 до 15,0 включ.	$-0,6664 \cdot W + 25$	$-0,3335 \cdot W + 12,5$
От 15,0 до 37,5 включ.	$-0,1332 \cdot W + 17$	$-0,06662 \cdot W + 8,5$
От 37,5 до 75,0 включ.	$-0,08 \cdot W + 15$	$-0,04 \cdot W + 7,5$

14 Обработка и оформление результатов измерений

14.1 За результат измерения массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе принимают среднее арифметическое значение результатов двух последовательных измерений массовой концентрации водяных паров, полученных в условиях повторяемости, если выполняется условие приемлемости, которое выражается следующим соотношением

$$|W_1 - W_2| \leq r \cdot W_{cp2}/100, \quad (9)$$

где W_1, W_2 – результаты двух последовательных измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, полученные в условиях повторяемости, мг/м³;

W_{cp2} – среднее арифметическое значение результатов двух последовательных измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе (W_1 и W_2), мг/м³;

r – значение предела повторяемости двух измерений, %, вычисляемое по формуле

$$r = 2,77 \cdot \sigma_r, \quad (10)$$

где 2,77 – коэффициент критического диапазона двух результатов измерений;

σ_r – среднеквадратическое отклонение повторяемости результатов измерений массовой концентрации, %, (см. раздел 13).

14.2 Если условие (9) не выполняется, проводят еще одно дополнительное измерение в условиях повторяемости по 11.3 (для титриметрического метода) и по 12.3 (для кулонометрического метода) и для дальнейшей обработки используют результаты последних трех измерений массовой концентрации водяных паров, полученные в условиях повторяемости.

14.3 За результат измерения массовой концентрации водяных паров принимают среднеарифметическое значение результатов трех последовательных измерений, полученных в условиях повторяемости, если выполняется условие приемлемости, которое выражается соотношением

$$W_{max} - W_{min} \leq CR_{0,95} \cdot W_{cp3}/100, \quad (11)$$

где W_{max} , W_{min} – максимальное и минимальное значения результатов трех последовательных измерений массовой концентрации водяных паров, полученных в условиях повторяемости, мг/м³;

W_{cp3} – среднеарифметическое значение результатов трех последовательных измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, полученных в условиях повторяемости, мг/м³;

$CR_{0,95}$ – значение критического диапазона для уровня вероятности $P=0,95$, %, которое вычисляют по формуле

$$CR_{0,95} = 3,3 \cdot \sigma_r, \quad (12)$$

где 3,3 – коэффициент критического диапазона для результатов трех измерений;

σ_r – среднеквадратическое отклонение повторяемости результатов измерений массовой концентрации водяных паров, %, (см. раздел 13).

14.4 Результат измерения массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе представляют в следующей записи

$$W_{cp} \pm W_{cp} \cdot \delta_w/100, P = 0,95, \quad (13)$$

где W_{cp} – среднеарифметическое значение двух или трех результатов измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, признанных приемлемыми по 14.1 или 14.3, мг/м³;

$\pm\delta_w$ – доверительные границы относительной погрешности результата измерений массовой концентрации водяных паров, % (см. раздел 13).

14.5 В случае невыполнения условия по формуле (11) результат измерения массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе представляют в виде следующей записи

$$W_{(2)} \pm W_{(2)} \cdot \delta_w/100, P = 0,95, \quad (14)$$

где $W_{(2)}$ – второй наименьший из трех результатов последовательных измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, полученных в условиях повторяемости, мг/м³;

14.6 Если измеренное значение массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе выходит за нижний предел полного диапазона измерений соответствующего метода, результат измерения представляют в виде следующей записи

$$W < W_{\text{н}}, \quad (15)$$

где $W_{\text{н}}$ – нижний предел полного диапазона измерений для соответствующего метода измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, мг/м³.

14.7 Если измеренное значение массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе выходит за верхний предел полного диапазона измерений соответствующего метода, результат измерения представляют в виде следующей записи

$$W > W_{\text{в}}, \quad (16)$$

где $W_{\text{в}}$ – верхний предел полного диапазона измерений для соответствующего метода измерений массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, %.

15 Контроль точности измерений

15.1 Контроль точности измерений проводят при первичном внедрении метода в испытательной лаборатории и затем не реже одного раза в год, а также после ремонта, замены, модификации заводских настроек или конфигурации титратора или входящего в его комплект оборудования.

15.2 Контроль точности измерений титратором проводят, анализируя на титраторе известное количество воды и сравнивая полученный результат с известным значением.

15.3 Для анализа по 15.2 в измерительную камеру титратора вводят пробу дистиллированной воды (аттестованный стандартный образец с известным содержанием воды).

15.4 Готовят титратор к выполнению измерений по 11.2 или 12.2.

15.5 При помощи сухого чистого шприца соответствующего объема отбирают пробу дистиллированной воды или ГСО с расчетом, чтобы количество чистой воды, попадающей в измерительную камеру титратора находилось в диапазонах значений от 0,5 до 5 мг для кулонометрического метода и от 5 до 50 мг – для титриметрического метода.

15.6 Для определения массы введенной пробы воды взвешивают на весах шприц с пробой перед введением пробы и после него. За массу введенной пробы воды принимают разность измеренных значений массы (с учетом массовой концентрации воды при использовании ГСО), результаты измерения и расчетов значений массы округляют до 0,0001 г.

15.7 Проводят измерение массы воды в анализируемой пробе в соответствии с руководством по эксплуатации титратора.

15.8 После окончания измерений записывают показания титратора (массу оттит-

рованной воды).

15.9 Вычисляют допустимое относительное расхождение $\delta_{дв}$, %, между результатом измерения массы воды соответствующим методом $m_{и}$, мг, и известным (расчетным) значением массы воды, введенной в камеру титратора $m_{в}$, мг, по формуле

$$\delta_{дв} = 100 \cdot |m_{и} - m_{в}| / m_{в}, \quad (17)$$

15.10 Допустимое относительное расхождение $\delta_{дв}$, %, вычисленное по 15.2.6, должно удовлетворять следующему условию

$$\delta_{дв} \leq 1,1 \cdot \sqrt{|\delta_{и}|^2 + |\delta_{в}|^2}, \quad (18)$$

где $\delta_{и}$ – доверительные границы относительной погрешности результата измерения массы воды титратором в соответствии с руководством по эксплуатации титратора, %;

$\delta_{в}$ – доверительные границы относительной погрешности результата измерения массы образца дистиллированной воды или ГСО, %, которые вычисляют для дистиллированной воды по формуле (19), а для ГСО – по формуле (20)

$$\delta_{в} = 100 \cdot \Delta_{вз} / m_{в}, \quad (19)$$

где $\Delta_{вз}$ – доверительные границы абсолютной погрешности результата измерения массы жидких контрольных образцов для используемых весов, мг;

$m_{в}$ – масса дистиллированной воды, определенная с помощью весов, мг;

$$\delta_{в} = 1,1 \cdot \sqrt{\left| \frac{100 \cdot \Delta_{вз}}{m_{гсо}} \right|^2 + |\delta_{гсо}|^2}, \quad (20)$$

где $\Delta_{вз}$ – доверительные границы абсолютной погрешности результата измерения массы для используемых весов, мг;

$m_{гсо}$ – масса образца ГСО, определенная с помощью весов, мг;

$\delta_{гсо}$ – доверительные границы относительной погрешности ГСО, %.

15.11 В случае невыполнения условия по формуле (18), проводят повторный контроль точности измерений соответствующим методом по 15.4 – 15.8.

15.12 В случае повторного невыполнения условия по формуле (18) результат измерения массы воды признают недостоверным и проводят мероприятия по выявлению и устранению причин недостоверности результатов измерений.

15.13 Недостоверность результатов измерений может быть вызвана негерметичностью рабочей камеры (ячейки) титратора, отступлением от требований руководства по эксплуатации титратора или его неисправностью.

15.14 После устранения причин недостоверности результатов измерений повторяют контроль точности измерений по 15.4-15.8.

Приложение А

(справочное)

Пересчет единиц измерения содержания водяных паров

А.1 Для взаимных пересчетов значений молярной доли водяных паров в природном газе X (%) и массовой концентрации W (мг/м³) при стандартных условиях используют следующие формулы

$$W = 7503,11 \cdot X, \quad (\text{A.1})$$

$$X = 0,000133278 \cdot W. \quad (\text{A.2})$$

А.2 Допускается использовать значения содержания водяных паров в природном газе, выраженные в различных единицах по таблице А.1.

Т а б л и ц а А.1 – Значения молярной доли и массовой концентрации водяных паров в природном газе, вычисленные по формулам (А.1) и (А.2).

Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³	Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³	Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³
0,000100	0,750	0,000475	3,564	0,00160	12,00
0,000120	0,900	0,000500	3,752	0,00170	12,76
0,000140	1,050	0,000550	4,127	0,00180	13,51
0,000160	1,200	0,000600	4,502	0,00190	14,26
0,000180	1,351	0,000650	4,877	0,00200	15,01
0,000200	1,501	0,000700	5,252	0,00220	16,51
0,000220	1,651	0,000750	5,627	0,00240	18,01
0,000240	1,801	0,000800	6,002	0,00260	19,51
0,000260	1,951	0,000850	6,378	0,00280	21,01
0,000280	2,101	0,000900	6,753	0,00300	22,51
0,000300	2,251	0,000950	7,128	0,00325	24,39
0,000325	2,439	0,00100	7,503	0,00350	26,26
0,000350	2,626	0,00110	8,253	0,00375	28,14
0,000375	2,814	0,00120	9,004	0,00400	30,01
0,000400	3,001	0,00130	9,754	0,00425	31,89
0,000425	3,189	0,00140	10,50	0,00450	33,76
0,000450	3,376	0,00150	11,25	0,00475	35,64

Окончание таблицы А.1

Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³	Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³	Молярная доля, %	Массовая концентрация, мг/м ³
0,00500	37,52	0,0325	243,9	0,1900	1426
0,00550	41,27	0,0350	262,6	0,2000	1501
0,00600	45,02	0,0375	281,4	0,2200	1651
0,00650	48,77	0,0400	300,1	0,2400	1801
0,00700	52,52	0,0425	318,9	0,2600	1951
0,00750	56,27	0,0450	337,6	0,2800	2101
0,00800	60,02	0,0475	356,4	0,3000	2251
0,00850	63,78	0,0500	375,2	0,3250	2439
0,00900	67,53	0,0550	412,7	0,3500	2626
0,00950	71,28	0,0600	450,2	0,3750	2814
0,0100	75,03	0,0650	487,7	0,4000	3001
0,0110	82,53	0,0700	525,2	0,4250	3189
0,0120	90,04	0,0750	562,7	0,4500	3376
0,0130	97,54	0,0800	600,2	0,4750	3564
0,0140	105,0	0,0850	637,8	0,5000	3752
0,0150	112,5	0,0900	675,3	0,5500	4127
0,0160	120,0	0,0950	712,8	0,6000	4502
0,0170	127,6	0,1000	750,3	0,6500	4877
0,0180	135,1	0,1100	825,3	0,7000	5252
0,0190	142,6	0,1200	900,4	0,7500	5627
0,0200	150,1	0,1300	975,4	0,8000	6002
0,0220	165,1	0,1400	1050	0,8500	6378
0,0240	180,1	0,1500	1125	0,9000	6753
0,0260	195,1	0,1600	1200	0,9500	7128
0,0280	210,1	0,1700	1276	1,0000	7503
0,0300	225,1	0,1800	1351		

Приложение Б (справочное)

Пример вычисления содержания водяных паров с учетом влияния сернистых соединений

Б.1 Пример вычисления значения фактической массовой концентрации водяных паров в природном газе, содержащем сернистые соединения

Б.1.1 Исходные данные для исследуемого газа:

- измеренная массовая концентрация сероводорода – 5 мг/м³;
- измеренная массовая концентрация меркаптановой серы – 10 мг/м³;
- измеренная массовая концентрация водяных паров $W_{и}$ – 81 мг/м³.

Б.1.2 Вычисляют массовую концентрацию сероводородной серы в исследуемом газе при стандартных условиях, мг/м³, по формуле (2) настоящего стандарта

$$S_{H_2S} = 0,94 \cdot X_{H_2S} = 0,94 \cdot 5 = 4,7 \text{ мг/м}^3. \quad (\text{Б.1})$$

Б.1.3 Сумма массовых концентраций сернистых соединений в пересчете на серу, таким образом, составляет 14,7 мг/м³.

Б.1.4 Вычисляют предполагаемое значение массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе, используя формулу (1) настоящего стандарта

$$W_{п} = 81 - 0,5625 \cdot 4,7 - 0,28125 \cdot 10 = 81 - 2,6 - 2,8 = 75,6 \text{ мг/м}^3. \quad (\text{Б.2})$$

Б.1.5 Рассчитывают сумму массовых концентраций сернистых соединений в пересчете на серу, соответствующую 20 % от предполагаемой массовой концентрации водяных паров

$$75,6 \cdot 0,2 = 15,1 \text{ мг/м}^3. \quad (\text{Б.3})$$

Б.1.6 Поскольку сумма массовых концентраций сернистых соединений в пересчете на серу (14,7 мг/м³) менее 20 % от предполагаемой массовой концентрации водяных паров в исследуемом газе (15,1 мг/м³), то предполагаемую массовую концентрацию водяных паров в исследуемом газе, вычисленную по формуле Б.2 можно считать фактической массовой концентрацией водяных паров.

Приложение В (справочное)

Давление насыщенных водяных паров в зависимости от температуры

Значения давления насыщенных водяных паров в зависимости от температуры приведены в таблице В.1.

Т а б л и ц а В.1 – Значения давления насыщенных водяных паров в зависимости от температуры

Температура, °С	Давление, кПа						
0,2	0,620	4,2	0,825	8,2	1,088	12,2	1,421
0,4	0,629	4,4	0,837	8,4	1,103	12,4	1,440
0,6	0,638	4,6	0,849	8,6	1,118	12,6	1,459
0,8	0,648	4,8	0,860	8,8	1,133	12,8	1,479
1,0	0,657	5,0	0,873	9,0	1,148	13,0	1,498
1,2	0,667	5,2	0,885	9,2	1,164	13,2	1,518
1,4	0,676	5,4	0,897	9,4	1,180	13,4	1,538
1,6	0,686	5,6	0,910	9,6	1,196	13,6	1,558
1,8	0,696	5,8	0,922	9,8	1,212	13,8	1,578
2,0	0,706	6,0	0,935	10,0	1,228	14,0	1,599
2,2	0,716	6,2	0,948	10,2	1,245	14,2	1,620
2,4	0,726	6,4	0,962	10,4	1,262	14,4	1,641
2,6	0,737	6,6	0,975	10,6	1,278	14,6	1,662
2,8	0,747	6,8	0,988	10,8	1,296	14,8	1,684
3,0	0,758	7,0	1,002	11,0	1,313	15,0	1,706
3,2	0,769	7,2	1,016	11,2	1,331	15,2	1,728
3,4	0,780	7,4	1,030	11,4	1,348	15,4	1,750
3,6	0,791	7,6	1,044	11,6	1,366	15,6	1,773
3,8	0,802	7,8	1,058	11,8	1,384	15,8	1,796
4,0	0,814	8,0	1,073	12,0	1,403	16,0	1,819

Окончание таблицы В.1

Температура, °С	Давление, кПа						
16,2	1,842	22,2	2,678	28,2	3,827	34,2	5,385
16,4	1,866	22,4	2,711	28,4	3,872	34,4	5,445
16,6	1,890	22,6	2,744	28,6	3,917	34,6	5,506
16,8	1,914	22,8	2,777	28,8	3,963	34,8	5,567
17,0	1,938	23,0	2,811	29,0	4,009	35,0	5,629
17,2	1,963	23,2	2,845	29,2	4,056	35,2	5,692
17,4	1,988	23,4	2,880	29,4	4,103	35,4	5,755
17,6	2,013	23,6	2,915	29,6	4,150	35,6	5,819
17,8	2,039	23,8	2,950	29,8	4,198	35,8	5,883
18,0	2,065	24,0	2,986	30,0	4,247	36,0	5,948
18,2	2,091	24,2	3,022	30,2	4,296	36,2	6,014
18,4	2,117	24,4	3,058	30,4	4,345	36,4	6,080
18,6	2,144	24,6	3,095	30,6	4,395	36,6	6,147
18,8	2,171	24,8	3,132	30,8	4,446	36,8	6,214
19,0	2,198	25,0	3,170	31,0	4,497	37,0	6,282
19,2	2,226	25,2	3,208	31,2	4,548	37,2	6,351
19,4	2,254	25,4	3,246	31,4	4,600	37,4	6,421
19,6	2,282	25,6	3,285	31,6	4,653	37,6	6,491
19,8	2,310	25,8	3,324	31,8	4,706	37,8	6,561
20,0	2,339	26,0	3,364	32,0	4,760	38,0	6,633
20,2	2,368	26,2	3,404	32,2	4,814	38,2	6,705
20,4	2,398	26,4	3,444	32,4	4,868	38,4	6,778
20,6	2,428	26,6	3,485	32,6	4,923	38,6	6,851
20,8	2,458	26,8	3,526	32,8	4,979	38,8	6,925
21,0	2,488	27,0	3,568	33,0	5,035	39,0	7,000
21,2	2,519	27,2	3,610	33,2	5,092	39,2	7,076
21,4	2,550	27,4	3,653	33,4	5,150	39,4	7,152
21,6	2,581	27,6	3,696	33,6	5,208	39,6	7,229
21,8	2,613	27,8	3,739	33,8	5,266	39,8	7,307
22,0	2,645	28,0	3,783	34,0	5,325	40,0	7,385

Библиография

[1]	Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013	Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
[2]	Технические условия ОАО «Объединение Альфапластик» ТУ 9436-018-00149535-98	Трубки медицинские поливинилхлоридные
[3]	Технические условия ТУ 9398-006-48423543-2003	Трубки силиконовые для хирургических дренажей

Ключевые слова: природный газ, определение, содержание водяных паров, метод Карла Фишера, титриметрический метод, кулонометрический метод
