

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И
МЕТРОЛОГИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАСХОДОМЕТРИИ (ФГУП «ВНИИР»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию
ФГУП «ВНИИР»

А.С. Тайбинский

« 11 » апреля 2018 г.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

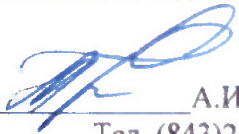
Корректоры объема газа ERZ 2000 и ERZ 2000-NG

Методика поверки

МП 0196-13-2014

С изменением №1

Начальник отдела НИО-13


А.И. Горчев
Тел. (843)272-11-24

г. Казань
2018 г.

РАЗРАБОТАНА

ФГУП «ВНИИР»

Фирма «RMG Messtechnik GmbH»

УТВЕРЖДЕНА

ФГУП «ВНИИР»

Настоящая инструкция распространяется на корректоры объема газа ERZ 2000 и ERZ 2000-NG (далее – корректоры) фирмы « RMG Messtechnik GmbH», Германия и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Корректоры объема газа ERZ 2000 (мод. ERZ 2004, ERZ 2104, ERZ 2002, ERZ 2102, ERZ 2114, ERZ 2112) и ERZ 2000-NG (мод. ERZ 2004-NG, ERZ 2104-NG, ERZ 2002-NG, ERZ 2102-NG, ERZ 2114-NG, ERZ 2112-NG) (далее – корректоры) предназначены для приведения объемного расхода и объема газа (природного, попутного нефтяного, других углеводородных и неуглеводородных газов) в рабочих условиях в объемный расход и объем газа при стандартных условиях; вычисления физико-химических показателей газа (коэффициента сжимаемости, вязкости, плотности, скорости звука в газе, показателя адиабаты, теплоты сгорания, числа Воббе, метанового числа, коэффициента Джоуля-Томпсона, вычисление эмиссии CO₂ и др.); корректировки (по калибровочному полиному или коэффициентами) измеренного объемного расхода газа в рабочих условиях, а также значений, измеренных преобразователями давления, температуры и расхода; сравнение показаний преобразователей расхода газа, установленных последовательно; диагностики и контроля состояния первичных преобразователей, в том числе эксплуатационной диагностики ультразвуковых преобразователей расхода и приборов измерения физико-химических параметров газа; контроля состояния узла учета газа; передачи данных в системы верхнего уровня через цифровые и аналоговые каналы; генерирования в тестовых целях импульсных, частотных и токовых сигналов; выполнения функции контроллера ультразвукового счетчика USZ08 (специальная модификация); ведения архивов данных и журналов событий; отображения данных.

Интервал между поверками – 5 лет.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

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

ГОСТ 6651-2009 Государственная система обеспечения единства измерений Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 30319.2-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости;

ГОСТ 31369-2008 Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава;

ГОСТ Р 8.662-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Газ природный. Термодинамические свойства газовой фазы. Методы расчетного определения для целей транспортирования и распределения газа на основе фундаментального уравнения состояния AGA8;

ГОСТ 8.586.1-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования;

ГОСТ 8.586.2-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования;

ГОСТ 8.586.5-2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений;

ГОСТ Р 8.769-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Газ природный. Фактор сжимаемости газовой фазы. Метод расчетного определения на основе данных о физических свойствах газа.

Примечание – При применении настоящей инструкции целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории Российской Федерации по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей инструкцией следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, указанные в таблице 1. При выполнении операций поверки, ведут протокол поверки произвольной формы.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Опробование	7.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик корректора:	7.3		
- абсолютной погрешности по каналу ввода/вывода аналоговых сигналов тока 0-25 мА;	7.3.1	Да	Да
- относительной погрешности по каналу ввода/вывода аналоговых сигналов тока 4-20 мА	7.3.2	Да	Да
- абсолютной погрешности по каналу ввода сигналов термометра сопротивления;	7.3.3	Да	Да
- абсолютной погрешности по каналу ввода/вывода частотных и импульсных сигналов;	7.3.4	Да	Да
- абсолютной погрешности измерения времени;	7.3.5	Да	Да
- относительной, при вычислении расхода, объема, массы.	7.3.6	Да	Нет
Оформление результатов поверки	8	Да	Да

2.2 Поверке не подлежат цифровые «протокольные» каналы ввода/вывода, такие как RS232, RS422/485 и другие как не вносящие дополнительной погрешности.

2.3 При проведении первичной и периодической поверки допускается определять метрологические характеристики только тех измерительных каналов и алгоритмов, которые задействованы и эксплуатируются в конкретной конфигурации корректора. При этом сама конфигурация должна быть создана либо существовать до проведения процедуры поверки.

Если в процессе эксплуатации существующая конфигурация корректора подвергается метрологически значимому изменению (использование дополнительных алгоритмов расчета или изменение каналов ввода-вывода), то необходимо выполнить внеочередную поверку корректора. При этом допускается определять метрологические характеристики только тех измерительных каналов и алгоритмов, которые были изменены либо добавлены в ранее существующую конфигурацию.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- калибратор многофункциональный ВЕАМЕХ МС6 диапазон измерения генерации силы постоянного тока 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной погрешности измерения и воспроизведения силы тока составляют $\pm (0,01\%$ от показания $+1$ мкА);

- магазин сопротивлений Р4831, сопротивление до 111111,1 Ом, класс точности 0,02/2·10⁻⁶;

- генератор сигналов низкочастотный ГЗ 110, диапазон воспроизведения частот от 0,01 до 1999999,99 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5 \times 10^{-7}\%$;

- частотомер электронно-счетный ЧЗ-89, диапазон измерения частоты и периода непрерывных синусоидальных сигналов частоты от 1·10⁻³ до 150·10⁶, частота опорного кварцевого генератора 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности по частоте опорного кварцевого генератора на межповерочном интервале $\pm 2 \cdot 10^{-7}$.

3.1.1 Для контроля за условиями проведения поверки применяются следующие средства измерений

- термометр ртутный, диапазон измерений от 0 °С до 50 °С, цена деления 0,1 °С по ГОСТ 28498;

- барометр-анероид БАММ-1, диапазон измерений от 80 до 106,7 кПа, цена деления шкалы 100 Па по ТУ25-11.15135;

- психрометр ВИТ-1, диапазон измерений относительной влажности от 30 до 80 %, цена деления термометров 0,5 °С по ТУ25-11.1645.

3.2 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или поверительные клейма.

3.3 Допускается применять другие средства измерений, обеспечивающие определение и контроль метрологических характеристик поверяемого корректора с требуемой точностью.

3.4 Для удобства проведения поверки корректора может применяться персональный компьютер с WEB-браузером, обеспечивающим работу со встроенным в корректор WEB-интерфейсом либо при помощи программного обеспечения «RMGViewERZ» для ERZ 2000-NG.

4 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- корпус корректора, персонального компьютера и применяемых средств измерений должны быть заземлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации;
- ко всем используемым средствам должен быть обеспечен свободный доступ для заземления, настройки и измерений;
- работы по соединению устройств должны выполняться до подключения к сети питания;
- к работе должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию и обученные работе с корректором и правилам техники безопасности;
- указания, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок», а также инструкциями по эксплуатации оборудования, его компонентов и применяемых средств поверки.

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

5.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | |
|---|--------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | 20±5 |
| - относительная влажность воздуха, % | от 30 до 80 |
| - атмосферное давление, кПа | от 84 до 106 |
| - напряжение питания постоянного тока, В | от 20 до 35 |
| - изменение температуры окружающей среды за время поверки, °С, не более | 2 |

Вибрация и внешнее магнитное поле (кроме земного) отсутствуют.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед проведением поверки корректора выполняют следующие подготовительные работы:

6.1 Проверяют комплектность эксплуатационной документации на корректор.

6.2 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или поверительные клейма на используемые средства поверки.

6.3 Проверяют работоспособность корректора и средств поверки в соответствии с руководством по эксплуатации.

6.4 Проводят монтаж средств поверки согласно структурным схемам указанным в «Руководстве по эксплуатации».

6.5 Включают и прогревают корректор и средства поверки не менее 30 минут.

6.6 Остальную подготовку проводят согласно требованиям документации изготовителя корректора и руководствам по эксплуатации средств поверки.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должны быть установлены:

- комплектность корректора;
- соответствие маркировки требованиям, предусмотренным эксплуатационной документацией;
- отсутствие механических повреждений, коррозии, нарушения покрытий, надписей и отсутствие других дефектов.

7.2 Опробование.

При опробовании проверяют работоспособность корректора в соответствии с руководством по эксплуатации без определения метрологических характеристик при задании входных сигналов. Изменяя сигналы имитаторов, убеждаются во вводе и обработке их корректором, контролируя значения параметров на дисплее корректора.

7.2.1 Подтверждение идентификации ПО.

Проверку идентификационных признаков ПО проводят, в соответствии с руководством по эксплуатации, следующим образом:

- включить питания и дождаться завершения всех необходимых внутренних тестов
- перейти в меню корректора по координатам ЕК1, ЕК2, ЕЈ3, ЕЈ4, ЕЈ6, ЕЈ7 в меню «Режим» («Mode»)
- считать идентификационные признаки программного обеспечения с экрана корректора.

Корректор считается прошедшим проверку, если идентификационные данные соответствуют указанным в описании типа.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

7.3 Определение метрологических характеристик корректора.

7.3.1 Определение абсолютной погрешности по каналу ввода/вывода аналоговых сигналов тока 0-25 мА.

7.3.1.1 На входе измерительного канала тока при помощи калибратора BEAMEX задают значение входного сигнала I_{zad} , соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение входного сигнала I_{izm} с дисплея корректора. Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона.

Рассчитывают погрешность ввода аналоговых сигналов тока, по формуле

$$\Delta_{I_{vvd}} = I_{izm} - I_{zad} \quad (1)$$

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу ввода аналоговых сигналов тока 0-25мА не превышает $\pm 0,01$ мА.

7.3.1.2 На соответствующих контактах канала вывода аналоговых сигналов тока корректором в режиме калибровки генерируют постоянный ток I_{vyh} , который контролируется при помощи калибратора BEAMEX I_{cal}

Рассчитывают погрешность вывода аналоговых сигналов тока по формуле

$$\Delta_{I_{vyh}} = I_{vyh} - I_{cal} \quad (2)$$

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу вывода аналоговых сигналов тока 0-25 мА не превышает $\pm 0,01$ мА.

7.3.2 Определение относительной погрешности по каналу ввода/вывода аналоговых сигналов тока 4-20 мА.

7.3.2.1 На входе измерительного канала тока при помощи калибратора BEAMEX задают значение входного сигнала I_{zad} , соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение входного сигнала I_{izm} с дисплея корректора. Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона.

Рассчитывают погрешность ввода аналоговых сигналов тока, в процентах, по формуле

$$\delta_{I4-20} = \frac{I_{izm} - I_{zad}}{I_{zad}} 100. \quad (3)$$

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу ввода аналоговых сигналов тока 4-20 мА не превышает $\pm 0,1\%$.

7.3.2.2 На соответствующих контактах канала вывода аналоговых сигналов тока корректором в режиме калибровки генерируют постоянный ток I_{vyh} , который контролируется при помощи калибратора BEAMEX I_{cal}

Рассчитывают погрешность вывода аналоговых сигналов тока по, в процентах, формуле

$$\delta_{I4-20} = \frac{I_{vyh} - I_{cal}}{I_{cal}} 100. \quad (4)$$

Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу вывода аналоговых сигналов тока 4-20 мА не превышает $\pm 0,1\%$.

7.3.3 Определение абсолютной погрешности по каналу ввода сигналов термометра сопротивления

7.3.3.1 На входе измерительного канала ввода сигналов термометра сопротивления при помощи магазина сопротивлений устанавливают сопротивление, имитирующее задаваемую температуру $\dot{O}_{zad}$ соответствующую проверяемой точке диапазона измерений и считывают с дисплея корректора или при помощи персонального компьютера измеренную температуру $\dot{O}_{izm}$. Поверку каналов измерения температуры проводят в точках T_{min} , $T_{min} + 0,25(T_{max} - T_{min})$, $T_{min} + 0,5(T_{max} - T_{min})$, $T_{min} + 0,75(T_{max} - T_{min})$, T_{max} . Значения T_{min} и T_{max} соответствуют нижнему и верхнему пределу настроенного диапазона. Значения сопротивлений, устанавливаемых на магазине сопротивлений, рассчитывают по ГОСТ 6651 для платиновых термопреобразователей сопротивления.

7.3.3.2. Рассчитывают абсолютную погрешность по каналу ввода сигналов термометра сопротивления, по формуле

$$\Delta_{\dot{O}} = \dot{O}_{izm} - \dot{O}_{zad}. \quad (5)$$

7.3.3.3. Результаты поверки считают положительными, если рассчитанная погрешность не превышает $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

7.3.4 Определение абсолютной погрешности по каналу ввода/вывода частотных и импульсных сигналов.

7.3.4.1 Определение абсолютной погрешности по каналу ввода частотных сигналов

На входе измерительного канала ввода частотных сигналов подают при помощи генератора сигналов частоту N_{zad} заданной формы сигнала (квадратный, униполярный,

амплитудой от 1 до 3 В) соответствующую поверяемой точке диапазона измерений и считывают с дисплея корректора или при помощи персонального компьютера измеренную частоту N_{izm} . Задается не менее пяти значений частоты, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений включая крайние точки диапазона кроме частоты 0 Гц.

Рассчитывают абсолютную погрешность по каналу ввода частотных сигналов, по формуле

$$\Delta_N = N_{izm} - N_{zad} . \quad (6)$$

Результаты поверки считаются положительными, если абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,1$ Гц.

7.3.4.2 Определение абсолютной погрешности по каналу вывода частотных сигналов

К выходу канала генерирования частотных сигналов подключают частотомер электронно-счетный, корректор переводят в режим генерации частотных сигналов и задают на соответствующих контактах канала частоту N_{zad2} соответствующую поверяемой точке диапазона генерирования частоты значения генерированной частоты контролируют по показаниям частотомера N_{izm2} . Задается не менее пяти значений частоты, равномерно распределенных в пределах диапазона генерирования включая крайние точки диапазона кроме частоты 0 Гц.

Рассчитывают абсолютную погрешность по каналу вывода частотных сигналов, по формуле

$$\Delta_{N2} = N_{izm2} - N_{zad2} . \quad (7)$$

Результаты поверки считаются положительными, если абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,1$ Гц.

7.3.4.3 Определение погрешности по каналу ввода импульсных сигналов.

С помощью генератора подают на вход измерительного канала корректора последовательность импульсов не менее 30000, предусмотрев синхронизацию начала счета и запуска генератора сигналов, частота которого контролируется частотомером, количество импульсов – счетчиком импульсов. Форма сигнала – квадратный, униполярный, амплитудой от 1 до 3 В, частота следования импульсов не более 6 кГц. Фиксируют количество импульсов измерительного канала и генератора сигналов.

Результаты поверки считаются положительными, если количество импульсов, измеренное корректором и заданное генератором сигналов, отличается не более, чем на 1 импульс на 10000 импульсов.

7.3.4.3 Определение погрешности по каналу вывода импульсных сигналов.

К выходу канала генерирования частотных сигналов подключают частотомер электронно-счетный, корректор переводят в режим генерации частотных сигналов и задают на соответствующих контактах канала последовательность импульсов количеством не менее 30000, частота следования импульсов не более 10 кГц. Фиксируют количество импульсов генерированных корректором и показания частотомера.

Результаты поверки считаются положительными, если количество импульсов, измеренное частотомером и заданное корректором, отличается не более, чем на 1 импульс на 10000 импульсов.

7.3.5 Определение абсолютной погрешности корректора при измерении времени.

Определение погрешности корректора при измерении времени проводят по сигналам точного времени радио. Продолжительность поверки 4 часа. Установить пункт меню «Дата и время». В начале шестого сигнала снимают показания времени с дисплея

корректора τ_{nach} . Через 4 часа в начале шестого сигнала радио снимают показания времени с дисплея корректора τ_{kon} .

Определяют абсолютную погрешность измерения времени, по формуле

$$\Delta_{\tau} = \tau_{kon} - \tau_{nach} - 4. \quad (8)$$

Корректор считается прошедшим поверку при измерении времени, если абсолютная погрешность не превышает ± 1 секунды.

7.3.6 Определение относительной погрешности при вычислении расхода, объема, массы.

7.3.6.1 При определении относительной погрешности при вычислении расхода, объема, массы вычисляется погрешность только задействованного в данной конфигурации расчетного алгоритма.

7.3.6.2 Определяют опорное значение расчетного параметра по контрольным примерам указанным в нормативной документации регламентирующей алгоритм получения расчетного параметра, либо при помощи опорного программного обеспечения аттестованного в установленном порядке. Перечень нормативной документации, регламентирующий алгоритмы расчета представлен в таблице 3

Таблица 2 – Перечень нормативной документации, регламентирующий определение расчетных параметров

Вычисляемый параметр	Нормативный документ	Контрольный пример
Объемный и массовый расход по перепаду давлений при использовании стандартных диафрагм	ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005	Приложение А
Физические свойства природного газа по методу AGA-8	ГОСТ Р 8.662-2009 (ИСО 20765-1:2005)	Приложение Б
Физические свойства природного газа	ГОСТ 31369-2008 (ИСО 6976:1995)	Приложение В
Коэффициент сжимаемости природного газа по методам AGA-NX19 мод. и AGA-8-92DC	ГОСТ 30319.2-1996	Приложение Г
Фактор сжимаемости природного газа по методу SGERG-88	ГОСТ Р 8.769-2011 (ИСО 12213-3:2006)	Приложение Д

Примечание: при взаимодействии с объемными преобразователями расхода, в характеристиках которых нормируется измеряемое значение объемного расхода в рабочих условиях (турбинные, ротационные и др.) корректор преобразует измеренные преобразователями расхода значения в соответствии с формулами PTZ-пересчета либо р-пересчета. Контроль правильности выполняемых вычислений сводится к контролю правильности вычисления физических свойств конкретной используемой среды.

7.3.6.3 Корректор считается прошедшим поверку при вычислении расхода, объема, массы если отклонение расчетного параметра от указанного в контрольном примере нормативной документации не превышает $\pm 0,005\%$

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1. Результаты поверки заносят в протокол произвольной формы.

8.2. Положительные результаты поверки оформляют свидетельством о поверке в соответствии с документом «Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным приказом Минпромторга РФ 2 июля 2015 года №1815. Знак поверки наносится в свидетельство о поверке или паспорт.

8.3. При отрицательных результатах поверки корректор не допускаются к применению, свидетельство о поверке аннулируется и выписывается извещение о непригодности к применению.

Пункт 8. (Измененная редакция, Изм. № 1)

Приложение А

(обязательное)

Контрольный пример расчета расхода по перепаду давлений при использовании диафрагм

Таблица А.1 – Исходные данные

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Значение
1 Диаметр отверстия диафрагмы при температуре 20 °С	d_{20}	м	0,084
2 Внутренний диаметр ИТ при температуре 20°С	D_{20}	м	0,15
3 Среднее арифметическое отклонение профиля шероховатости ИТ (новая, бесшовная, холоднотянутая)	R_a	м	0,00001
4 Материал, из которого изготовлена диафрагма	сталь марки 12X18H9T		
5 Материал, из которого изготовлен ИТ	сталь марки 20		
6 Начальный радиус входной кромки диафрагмы	r_n	м	0,00004
7 Текущее время τ_t эксплуатации диафрагмы с момента определения значения начального радиуса входной кромки диафрагмы	τ_t	год	0,495
8 Содержание углекислого газа в природном газе	x_y	1	0,002
9 Содержание азота в природном газе	x_a	1	0,01
10 Плотность природного газа при стандартных условиях	ρ_c	кг/м ³	0,68
11 Относительная влажность природного газа	φ	%	0
12 Перепад давления на диафрагме	Δp	Па	16000
13 Избыточное давление	$p_{и}$	Па	1200000
14 Атмосферное давление	p_a	Па	100500
15 Температура природного газа (по термометру в среднем за сутки)	t	°С	2

Таблица А.2 – Расчет значений промежуточных величин

Рассчитываемые величины	Условное обознач.	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра отверстия диафрагмы, вызванное отклонением температуры природного газа от 20°С	K_{cy}	-	ГОСТ 8.586.1 [формула(5.6)]	0,999719
2 Диаметр отверстия диафрагмы при рабочей температуре	d	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.4)]	0,0839764

Продолжение таблицы А.2

3 Коэффициент, учитывающий изменение диаметра ИТ, вызванное отклонением температуры природного газа от 20°C	K _T	-	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.7)]	0,999800
4 Внутренний диаметр ИТ при рабочей температуре природного газа	D	м	ГОСТ 8.586.1 [формула (5.5)]	0,149970
5 Относительный диаметр отверстия диафрагмы	β	-	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.1)]	0,559955
6 Коэффициент скорости входа	E	-	ГОСТ 8.586.1 [формула (3.6)]	1,05311
7 Поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы	K _п	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.13)]	1,00309
8 Абсолютное давление природного газа перед диафрагмой	P	Па	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.2)]	1300500
9 Термодинамическая температура природного газа	T	К	ГОСТ 8.586.5 [формула (6.3)]	275,15
10 Фактор сжимаемости природного газа при стандартных условиях	Z _c	-	ГОСТ 30319.1 [формула(24)]	0,998095
11 Фактор сжимаемости природного газа при рабочих условиях	Z	-	ГОСТ 30319.2 [формула(6)]	0,969849
12 Коэффициент сжимаемости природного газа	K	-	ГОСТ30319.1 [формула (7)]	0,971700
13 Плотность природного газа	ρ	кг/м ³	ГОСТ 30319.1 [формула (6)]	9,56954
14 Динамическая вязкость природного газа	μ	Па·с	ГОСТ 30319.1 [формулы (44) и (45)]	1,04961·10 ⁻⁵
15 Показатель адиабаты природного газа	κ	-	ГОСТ 30319.1 [формула (28)]	1,31174
16 Коэффициент расширения	ε	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.7)]	0,996382

Таблица А.3 – Расчет расхода среды

Рассчитываемые величины	Условное обознач.	Единица величины	Обозначение стандарта и номер формулы или пункта	Значение
1 Начальное значение числа Рейнольдса	Re ₁	-	-	10 ⁶
2 Коэффициент истечения	C ₁	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,605035

Продолжение таблицы А.3

3 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш1}$	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
4 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса ($Re=10^6$)	q_{c1}	m^3/c	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,87036
5 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_2	-	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	1578785
6 Коэффициент истечения	C_2	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,604615
7 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш2}$	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
8 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса Re_2	q_{c2}	m^3/c	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,86837
9 Относительное отклонение	$100 \cdot q_{c2} - q_{c1} / q_{c2}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,0693774
10 Уточненное значение числа Рейнольдса	Re_3	-	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.11)]	1577691
11 Коэффициент истечения	C_3	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.6)]	0,604616
12 Поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ	$K_{ш3}$	-	ГОСТ 8.586.2 [формула (5.11)]	1,00000
13 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при числе Рейнольдса Re_3	q_{c3}	m^3/c	ГОСТ 8.586.5 [формула (5.8)]	2,86837
14 Относительное отклонение	$100 \cdot q_{c3} - q_{c2} / q_{c3}$	%	ГОСТ 8.586.5 [формула (8.1)]	0,000
15 Объемный расход природного газа, приведенный к стандартным условиям, при стандартных условиях	q_c	m^3/c	-	2,86837

Приложение Б

(обязательное)

Контрольный пример расчета физических свойств по методу AGA-8 ГОСТ Р 8.662-2009

Таблица Б.1 – Состав газа в молярных долях

i	Компонент	Молярная доля
1	Азот	0,003
2	Диоксид углерода	0,006
3	Метан	0,965
4	Этан	0,018
5	Пропан	0,0045
6	н-Бутан	0,001
7	Изобутан	0,001
8	н-Пентан	0,0003
9	Изопентан	0,0005
10	н-Гексан	0,0007
	Сумма	1

Таблица Б.2 – Физические свойства газа

p, МПа	T, К	Z	D, кг/м³	U, кДж/кг	H, кДж/кг	C _v , кДж/(кг·К)	C _p , кДж/(кг·К)	μ, К/МПа	k	w, м/с
5	250	0,81996	49,295	-280,49	-179,06	1,6906	2,8342	6,153	1,366	372,27
5	260	0,84544	45,971	-260,09	-151,32	1,6910	2,7219	5,658	1,360	384,59
5	270	0,86643	43,196	-240,26	-124,51	1,6963	2,6450	5,219	1,354	395,93
5	290	0,89888	38,764	-201,60	-72,61	1,7189	2,5559	4,473	1,344	416,29
5	310	0,92262	35,331	-163,45	-21,93	1,7541	2,5191	3,861	1,333	434,32
5	330	0,94052	32,558	-125,21	+28,36	1,7991	2,5140	3,350	1,322	450,59
5	350	0,95433	30,253	-86,50	+78,77	1,8517	2,5299	2,918	1,311	465,51
10	250	0,65444	123,524	-353,94	-272,98	1,7996	4,3448	4,218	1,782	379,77
10	260	0,70771	109,834	-323,30	-232,25	1,7836	3,8367	4,162	1,663	389,14
10	270	0,75082	99,693	-295,99	-195,68	1,7744	3,4993	4,010	1,591	399,53
10	290	0,81567	85,439	-247,10	-130,06	1,7762	3,1098	3,609	1,508	420,07
10	310	0,86170	75,657	-202,21	-70,03	1,7984	2,9143	3,199	1,458	439,05
10	330	0,89573	68,371	-159,12	-12,86	1,8349	2,8144	2,821	1,424	456,36
10	350	0,92162	62,653	-116,71	+42,90	1,8816	2,7685	2,485	1,397	472,24
15	250	0,61821	196,147	-418,04	-341,57	1,7957	4,5000	1,992	2,912	471,92
15	260	0,66179	176,182	-382,78	-297,64	1,8035	4,2711	2,250	2,461	457,75
15	270	0,70350	159,598	-350,25	-256,26	1,8058	4,0056	2,404	2,179	452,49
15	290	0,77530	134,830	-292,19	-180,93	1,8115	3,5532	2,473	1,865	455,55
15	310	0,83097	117,682	-240,52	-113,05	1,8298	3,2590	2,363	1,704	466,04
15	330	0,87368	105,145	-192,45	-49,79	1,8618	3,0835	2,179	1,607	478,79
15	350	0,90677	95,519	-146,25	+10,79	1,9049	2,9838	1,976	1,541	491,98
20	250	0,67617	239,112	-455,05	-371,41	1,7770	3,9985	0,950	4,102	585,72
20	260	0,70215	221,406	-421,87	-331,54	1,7927	3,9666	1,146	3,439	557,37
20	270	0,73004	205,063	-389,76	-292,23	1,8044	3,8892	1,314	2,965	537,78
20	290	0,78592	177,345	-329,47	-216,69	1,8238	3,6552	1,529	2,380	518,08
20	310	0,83593	155,978	-274,20	-145,98	1,8472	3,4238	1,596	2,060	513,90
20	330	0,87771	139,550	-222,67	-79,35	1,8798	3,2500	1,564	1,867	517,31
20	350	0,91175	126,664	-173,49	-15,59	1,9219	3,1348	1,478	1,742	524,40

Продолжение таблицы Б.2

p , МПа	T , К	Z	D , кг/м ³	U , кДж/кг	H , кДж/кг	C_v , кДж/(кг·К)	C_p , кДж/(кг·К)	μ , К/МПа	k	w , м/с
30	250	0,85042	285,176	-495,51	-390,31	1,7794	3,4974	0,198	5,600	767,57
30	260	0,85828	271,697	-465,71	-355,30	1,7943	3,5033	0,285	4,865	732,95
30	270	0,86815	258,660	-436,27	-320,29	1,8074	3,4962	0,369	4,276	704,27
30	290	0,89215	234,343	-378,74	-250,73	1,8338	3,4549	0,522	3,421	661,74
30	310	0,91899	212,820	-323,23	-182,27	1,8642	3,3874	0,636	2,860	634,97
30	330	0,94570	194,277	-269,72	-115,30	1,9009	3,3096	0,702	2,488	619,80
30	350	0,97032	178,527	-217,87	-49,83	1,9443	3,2399	0,725	2,233	612,55

Таблица Б.3 – Обозначения

Обозначение	Свойство	Единицы величин
Z	Фактор сжимаемости	-
D	Плотность	кг/м ³
U	Удельная внутренняя энергия	кДж/кг
H	Удельная энтальпия	кДж/кмоль
C_v	Удельная изохорная теплоемкость	кДж/(кг·К)
C_p	Удельная изобарная теплоемкость	кДж/(кг·К)
μ	Коэффициент Джоуля-Томсона	К/МПа
k	Показатель адиабаты	-
w	Скорость звука	м/с

Приложение В

(обязательное)

Контрольный пример расчета физических свойств по ГОСТ 31369-2008 (ИСО 6976:1995)
(Измененная редакция, Изм. № 1)

Таблица В.1 – Пример вычисления свойств по ГОСТ 31369-2008(ИСО 6976:1995)

Компонент (j-й)	Молярная масса	Значение высшей теплоты сгорания (15 °С)	Коэффициент суммирования (15 °С, 101,325 кПа)	Молярная доля	Произведение молярной доли на молярную массу	Произведение молярной доли на значение теплоты сгорания	Произведение молярной доли на коэффициент суммирования
	M_j	$\left(\overline{H}_s^c\right)_j$	$\sqrt{b_j}$	x_j	$x_j M_j$	$x_j \left(\overline{H}_s^c\right)_j$	$x_j \sqrt{b_j}$
	кг·кмоль ⁻¹	кДж·моль ⁻¹			кг·кмоль ⁻¹	кДж·моль ⁻¹	
Метан	16,043	891,56	0,0447	0,9247	14,8350	824,43	0,04133
Этан	30,070	1562,14	0,0922	0,0350	1,0525	54,67	0,00323
Пропан	44,097	2221,10	0,1338	0,0098	0,4322	21,77	0,00131
н-Бутан	58,123	2879,76	0,1871	0,0022	0,1279	6,34	0,00041
2-Метилпропан	58,123	2870,58	0,1789	0,0034	0,1976	9,76	0,00061
н-Пентан	72,150	3538,60	0,2510	0,0006	0,0433	2,12	0,00015
Азот	28,0135	0	0,0173	0,0175	0,4902	0	0,00030
Диоксид углерода	44,010	0	0,0748	0,0068	0,2993	0	0,00051
Общие				1,0000	17,478	919,09	0,04785

Приложение Г
(обязательное)

Контрольный пример расчета физических свойств по методам AGA-NX19 мод.
и AGA-8-92DC по ГОСТ 30319.2-1996

Д.1 Модифицированный метод NX19

Плотность при 0,101325 МПа и 293,15 К:	0,6799 кг/м ³
Содержание:	
азота	0,8858 мол.%
диоксида углерода	0,0668 мол.%

Давление	2,001 МПа
Температура	270,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9520

Давление	2,494 МПа
Температура	280,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9473

Давление	0,900 МПа
Температура	290,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9844

Д.2 Уравнение состояния AGA8-92DC

Состав природного газа в молярных процентах:

Метан	98,2722
Этан	0,5159
Пропан	0,1607
н-бутан	0,0592
азот	0,8858
диоксид углерода	0,0668
н-пентан	0,0157
н-гексан	0,0055
н-гептан	0,0016
н-октан	0,0009
гелий	0,0157

Плотность при 0,101325 МПа и 293,15 К:	0,6799 кг/м ³
--	--------------------------

Давление	2,001 МПа
Температура	270,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9520

Давление	3,997 МПа
Температура	290,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9262

Давление	7,503 МПа
Температура	330,00 К
Коэффициент сжимаемости	0,9246

Приложение Д
(обязательное)

Контрольный пример расчета фактора сжимаемости по методу SGERG-88
по ГОСТ Р 8.769-2011

Таблица Д.1 – Исходные данные

Входная переменная	Значение
x_{CO_2}	0,006
x_{H_2}	0,000
D	0,581
H_S (МДж·м ⁻³)	40,66

Таблица Д.2 – Значения фактора сжимаемости Z

Условия		Фактор сжимаемости
p , бар	t , °C	
60	-3,15	0,84084
60	6,85	0,86202
60	16,85	0,88007
60	36,85	0,90881
60	56,85	0,92996
120	-3,15	0,72146
120	6,85	0,75969
120	16,85	0,79257
120	36,85	0,84492
120	56,85	0,88322

Таблица Д.3 – Обозначения

Обозначение	Свойство	Единицы величин
x_{CO_2}	Молярная доля диоксида углерода	-
x_{H_2}	Молярная доля водорода	-
D	Плотность при стандартных условиях	кг/м ³
H_S	Значение высшей объемной теплоты сгорания для газа при условиях (0 °C, 101325 бар), температура сгорания 25 °C	МДж/м ³
Z	Фактор сжимаемости	-
P	Абсолютное давление газа	бар
t	Температура газа	°C