

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по развитию
А.С. Тайбинский
30 апреля 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Контроллеры-вычислители расхода газа FLOW-X

Методика поверки
МП 0297-13-2015

с изменением №3

Начальник отдела НИО-13
(наименование отдела)

А.И. Горчев

Тел. отдела 8(843) 272-11-24

г. Казань
2020

РАЗРАБОТАНА

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
Фирма «SICK AG»

УТВЕРЖДЕНА

(Измененная редакция, Изм. № 3)

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Настоящая инструкция распространяется на контроллеры-вычислители расхода газа FLOW-X (далее – вычислитель) фирмы «SICK AG» и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Контроллеры-вычислители расхода газа FLOW-X предназначены для преобразования измерительных сигналов и вычисления количества тепловой энергии, объемного расхода, объема, массового расхода различных газов, приведенных к стандартным условиям, по результатам измерений расхода с помощью ультразвуковых расходомеров FLOWSIC и других преобразователей расхода, а также давления, разности давлений, температуры, плотности и т.д.

Интервал между поверками – 4 года.

1 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- ГОСТ 6651-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний
- Порядок проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденный Приказом Минпромторга России №1815 от 02 июля 2015 года

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.

Раздел 1. (Измененная редакция, Изм. № 2)

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 вычислителя:	7.3		
- определение приведенной к диапазону измерений, погрешности по каналу ввода аналоговых сигналов тока	7.3.1	Да	Да
- определение относительной погрешности по каналу ввода напряжения	7.3.2	Да	Да
- определение абсолютной погрешности по каналу ввода сигналов термометра сопротивления	7.3.3	Да	Да
- определение приведенной погрешности по каналу вывода аналоговых сигналов тока	7.3.4	Да	Да
- определение относительной погрешности измерения времени	7.3.5	Да	Да
- определение относительной погрешности при вычислении расхода, объема, массы, физических свойств газа	7.3.6	Да	Нет
- определение абсолютной погрешности при измерении импульсных сигналов	7.3.7	Да	Да
- определение относительной погрешности по каналу ввода частотных сигналов	7.3.8	Да	Да
Оформление результатов поверки	8	Да	Да
Примечание: при проведении поверки определяют метрологические характеристики только тех измерительных каналов и алгоритмов, которые задействованы и в конкретной конфигурации контроллера.			

Таблица 1. (Измененная редакция, Изм. № 3)

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

- секундомер электронный с таймерным выходом СТЦ-2м (регистрационный №65349-16), диапазон измерения и обработки интервалов времени от 0,01 до 9999,99 сек, пределы погрешности измерения интервалов Т времени $\pm(15 \cdot 10^{-6}T + 0,01)$;
- калибратор-измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-2000а (регистрационный №20580-06), диапазон воспроизведения силы постоянного

- тока от 0 до 25 мА, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения силы тока I составляют $\pm(10^{-4} I + 1)$ мкА;
- компаратор постоянного напряжения Р3003 (регистрационный №7476-91) диапазон измерений от 0,1 до 10 В, к.т. 0,0005;
 - магазин сопротивлений Р4831 (регистрационный №6332-77), сопротивление до 111111,1 Ом, класс точности 0,02/2·10⁻⁶;
 - калибратор многофункциональный МС5-Р (регистрационный №22237-08), диапазон воспроизведения последовательности импульсов от 0 до 9999999, абсолютная погрешность воспроизведения последовательности импульсов – без потери импульсов, диапазон воспроизведения сигналов синусоидальной и прямоугольной формы от 0,0005 Гц до 10 кГц, пределы допускаемой основной относительная погрешности воспроизведения сигналов синусоидальной и прямоугольной формы $\pm 0,01\%$;
 - барометр-анероид БАММ-1 (регистрационный №5738-76), диапазон измерений от 80 до 106,7 кПа, цена деления шкалы 100 Па;
 - термометр лабораторный ТЛ-4, диапазон измерений от 0 °С до 50 °С (регистрационный №303-61), цена деления 0,1 °С;
 - гигрометр психрометрический ВИТ-1 (регистрационный №42453-09), диапазон измерений относительной влажности от 30 до 80 %, цена деления термометров 0,5 °С.

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 вычислителя с требуемой точностью.

4 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- корпус вычислителя 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 вычислителем 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 (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- напряжение питания = 24 (+10/-15%)

Вибрация и внешнее магнитное поле (кроме земного) отсутствуют.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед проведением поверки вычислителя выполняют следующие подготовительные работы:

6.1 Проверяют комплектность эксплуатационной документации на вычислитель.

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

6.3 Проверяют работоспособность вычислителя 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 вычислитель и средства поверки не менее 30 минут.

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

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должны быть установлены:

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

7.2 Опробование.

При опробовании проверяют работоспособность вычислителя в соответствии с руководством по эксплуатации без определения метрологических характеристик при задании входных сигналов.

Проверку проводят путем подачи на входы вычислителя сигналов, имитирующих сигналы от первичных преобразователей. Результаты проверки считаются положительными, если при увеличении/уменьшении значения входного сигнала соответствующим образом изменяются значения измеряемой величины, для импульсных каналов должно наблюдаться равномерное увеличение соответствующих величин.

7.2.1 Подтверждение идентификации ПО.

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

Выполните следующую последовательность действий:

1. Включить питание вычислителя;
2. Зайти под уровнем доступа технический специалист "tech" (пароль:tech);
3. Перейти в меню по координатам Главная → Система → Версия.

Идентификационные признаки должны соответствовать указанным в описании типа.

(Измененная редакция, Изм. № 1)

7.3 Определение метрологических характеристик вычислителя.

7.3.1 Определение приведенной к диапазону измерений, погрешности по каналу ввода аналоговых сигналов тока

7.3.1.1 На входе измерительного канала тока при помощи генератора тока ИКСУ-2000а задают значение входного сигнала $I_{зад}$, соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение входного сигнала $I_{сч}$ с дисплея вычислителя. Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона.

7.3.1.2 Рассчитывают погрешность, приведенную к диапазону измерений L , в процентах, по формуле

$$\gamma_I = \frac{I_{изм} - I_{зад}}{L} 100. \quad (1)$$

Примечание: значения $I_{зад}$, $I_{изм}$, L должны быть выражены в одних и тех же единицах измерений.

7.3.1.3 Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу ввода аналоговых сигналов не превышает $\pm 0,04$ %.

7.3.2 Определение приведенной к диапазону измерений, погрешности по каналу ввода аналоговых сигналов напряжения.

7.3.2.1 На входе измерительного канала напряжения при помощи компаратора постоянного напряжения Р3003 задают значение входного сигнала $U_{зад}$, соответствующего проверяемой точке диапазона измерений, и считывают значение входного сигнала $U_{изм}$ с дисплея вычислителя. Задается не менее пяти значений измеряемого параметра, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений, включая крайние точки диапазона.

7.3.2.2 Рассчитывают погрешность, приведенную к диапазону измерений $L2$, в процентах, по формуле

$$\gamma_U = \frac{U_{изм} - U_{зад}}{L2} 100. \quad (2)$$

Примечание: значения $U_{зад}$, $U_{изм}$, $L2$ должны быть выражены в одних и тех же единицах измерений.

7.3.2.3 Результаты поверки считаются положительными, если рассчитанная погрешность по каналу ввода аналоговых сигналов не превышает $\pm 0,008$ %.

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 $T_{зад}$, соответствующую поверяемой точке диапазона измерений и считывают с дисплея вычислителя или при помощи персонального компьютера измеренную температуру $T_{изм}$. 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

$$\Delta_T = T_{изм} - T_{зад}. \quad (3)$$

7.3.3.3 Результаты поверки считают положительными, если рассчитанная погрешность не превышает

$\pm 0,05^\circ\text{C}$ в диапазоне измеряемых температур от 0 до 50°C ;

$\pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне температур от -220 до $+200^\circ\text{C}$.

7.3.4 Определение приведенной погрешности по каналу вывода аналоговых сигналов тока

7.3.4.1 На соответствующих контактах канала вывода аналоговых сигналов тока вычислителем в режиме калибровки генерируют постоянный ток $I_{вых}$, который контролируется при помощи ИКСУ200-А $I_{мульти}$

7.3.4.2 Рассчитывают погрешность, приведенную к диапазону измерений $L_{вых}$, в процентах, по формуле

$$\gamma_{I_{вых}} = \frac{I_{вых} - I_{мульти}}{L_{вых}} 100. \quad (4)$$

Примечание: значения $I_{вых}$, $I_{мульти}$, $L_{вых}$ должны быть выражены в одних и тех же единицах измерений.

7.3.4.3 Результаты поверки считают положительными, если рассчитанная погрешность по каналу вывода аналоговых сигналов не превышает $\pm 0,08\%$.

7.3.5 Определение относительной погрешности вычислителя при измерении времени.

Определение относительной погрешности вычислителя при измерении времени проводят при помощи секундомера электронного с таймерным выходом СТЦ-2м. Продолжительность поверки 2 часа. При запуске секундомера снимают показания времени вычислителя $\tau_{нач}$. Через 2 часа по показаниям секундомера снимают показания времени $\tau_{кон}$.

Определяют относительную погрешность измерения времени по формуле

$$\delta_\tau = \frac{\tau_{кон} - \tau_{нач}}{7200} 100. \quad (5)$$

Примечание: вычисления по формуле (5) проводить в секундах

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность при измерении времени не превышает $\pm 0,01\%$.

7.3.6 Определение относительной погрешности при вычислении расхода, объема, массы, физических свойств газа.

7.3.6.1 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 3 – Перечень нормативной документации, регламентирующей определение расчетных параметров

Расчетный параметр		Нормативный документ	Контр. пример для проверки алгоритма
Природный газ	Скорость звука по AGA10	AGA 10	А.1 Приложение А
	Теплота сгорания, плотность, относительная плотность и число Воббе по ГОСТ 31369-2008	ГОСТ 31369-2008	А.2 Приложение А
	Физические свойства по ГОСТ Р 8.662-2009	ГОСТ Р 8.662-2009	А.4 Приложение А
	Физические свойства по ГОСТ 30319.2-2015	ГОСТ 30319.2-2015	А.5 Приложение А
	Физические свойства по ГОСТ 30319.3-2015	ГОСТ 30319.3-2015	А.6 Приложение А
Попутный нефтяной газ	Физические свойства по ГССД МР 113-03	ГССД МР 113-03	А.3 Приложение А
Объемный расход, приведенный к стандартным условиям	ГОСТ Р 8.740-2011, ГОСТ 8.611-2013		Не требуется *)
Примечание: * – при взаимодействии с объемными и массовыми преобразователями расхода, в характеристиках которых нормируется измеряемое значение объемного/массового расхода (турбинные, кориолисовые и др.) вычислитель преобразует измеренные преобразователями расхода значения в соответствии с формулами РТЗ-пересчета либо ρ -пересчета. Контроль правильности выполняемых вычислений сводится к контролю правильности вычисления физических свойств конкретной используемой среды.			

Таблица 3. (Измененная редакция, Изм. № 2)

7.3.6.2 результаты поверки считают положительными, если относительное отклонение рассчитанных вычислителем параметров отличается от контрольных примеров не более чем на 0,01%.

7.3.7 Определение абсолютной погрешности при измерении импульсных сигналов

7.3.7.1 С помощью генератора сигналов подают на вход измерительного канала последовательность импульсов не менее 10000, предусмотрев синхронизацию начала счета и запуска генератора сигналов, частота которого контролируется частотомером, количество импульсов – счетчиком импульсов. Амплитуда импульсов и номинальный

ток должны соответствовать рабочему диапазону вычислителя, частота следования импульсов не более 10 кГц. Фиксируют количество импульсов измерительного канала и генератора сигналов.

7.3.7.2 Результаты поверки считают положительными, число импульсов по показаниям вычислителя отличается от количества поданным импульсов по показаниям счетчика импульсов не более чем на ± 1 импульс.

7.3.8 Определение относительной погрешности по каналу ввода частотных сигналов

7.3.8.1 При определении относительной погрешности по каналу ввода частотных сигналов для каждого проверяемого значения подают на вход измерительного канала сигнал заданной формы и частоты от генератора сигналов, частота которого контролируется частотомером. Определение погрешности выполняют не менее, чем в пяти точках, равномерно распределенных в пределах диапазона измерений частоты периодических сигналов.

7.3.8.2 Рассчитывают относительную погрешность измерительного канала, в процентах, по формуле:

$$\delta_v = \frac{v_{изм} - v_{зад}}{v_{зад}} 100. \quad (6)$$

где $v_{изм}$ – значение частоты по показаниям вычислителя;

$v_{зад}$ – значение частоты по показаниям частотомера.

7.3.8.3 Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность по каналу ввода частотных сигналов не превышает $\pm 0,1\%$.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1. Результаты поверки заносят в протокол произвольной формы.

8.2. Положительные результаты поверки оформляют свидетельством в соответствии с «Порядком проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России №1815 от 02 июля 2015 года.

Знак поверки наносится в свидетельство о поверке или паспорте.

8.3. При отрицательных результатах поверки не допускают к применению и выполняют процедуры, предусмотренные «Порядком проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», утвержденным Приказом Минпромторга России №1815 от 02 июля 2015 года.

Пункт 8.2 и пункт 8.3 (Измененная редакция, Изм. № 1)

Приложение А
(обязательное)

Контрольные примеры расчета

А.1 Скорость звука по AGA10

Таблица А.1 – Компонентный состав газа.

Компонент	Мольная доля, %				
	Gulf Coast	Amarillo	Ekofisk	High N2	High CO2
Метан	96,5222	90,6724	85,9063	81,441	81,211
Азот	0,2595	3,1284	1,0068	13,465	5,702
Диоксид углерода	0,5956	0,4676	1,4954	0,985	7,585
Этан	1,8186	4,5279	8,4919	3,3	4,303
Пропан	0,4596	0,828	2,3015	0,605	0,895
Изобутан	0,0977	0,1037	0,3486	0,1	0,151
н-Бутан	0,1007	0,1563	0,3506	0,104	0,152
Изопентан	0,0473	0,0321	0,0509	0	0
н-Пентан	0,0324	0,0443	0,048	0	0
Гексан	0,0664	0,0393	0	0	0

Таблица А.2 – Скорость звука

Темп., °С	Давление, МПа	Gulf Coast	Amarillo	Ekofisk	High N2	High CO2
0	0,10156	419,5867	409,3274	393,9008	399,3948	385,8198
0	0,689476	416,5839	406,2307	390,0524	397,019	382,785
0	1,378951	413,1998	402,7334	385,6374	394,3874	379,3451
0	2,757903	407,0058	396,3094	377,2867	389,7378	372,9809
0	4,136854	401,8523	390,9379	369,9503	386,1351	367,5856
0	5,515806	398,1531	387,0622	364,2551	383,9027	363,5914
0	6,894757	396,4209	385,2363	361,0712	383,4116	361,5444
0	8,273709	397,2489	386,1033	361,51	385,0567	362,0892
10	0,10156	426,6523	416,2024	400,4707	406,1417	392,2953
10	0,689476	424,0418	413,5034	397,0729	404,1083	389,6475
10	1,378951	421,127	410,4828	393,207	401,8816	386,6731
10	2,757903	415,8822	405,026	386,0018	398,0332	381,2593
10	4,136854	411,6419	400,5867	379,8104	395,1759	376,7896
10	5,515806	408,7283	397,5095	375,1172	393,5599	373,5999
10	6,894757	407,5195	396,2005	372,5418	393,4601	372,089
10	8,273709	408,4305	397,1062	372,8175	395,1572	372,7007
37,77778	0,10156	445,261	434,3217	417,8034	423,9387	409,3866
37,77778	0,689476	443,5224	432,5074	415,4124	422,6653	407,5996
37,77778	1,378951	441,6354	430,5315	412,7517	421,3253	405,6445
37,77778	2,757903	438,4214	427,1435	407,9873	419,1965	402,2592

37,77778	4,136854	436,0821	424,6432	404,1493	417,9039	399,7063
37,77778	5,515806	434,7855	423,2094	401,4891	417,5749	398,1599
37,77778	6,894757	434,7095	423,032	400,2857	418,3379	397,8052
37,77778	8,273709	436,0321	424,3002	400,8288	420,3148	398,8279
54,44444	0,10156	455,7889	444,5827	427,6358	434,0233	419,0817
54,44444	0,689476	454,4556	443,1802	425,7152	433,1027	417,6954
54,44444	1,378951	453,0398	441,6836	423,6082	432,1689	416,2077
54,44444	2,757903	450,7364	439,2233	419,9346	430,8128	413,7308
54,44444	4,136854	449,229	437,5708	417,1157	430,2093	412,0134
54,44444	5,515806	448,6331	436,8495	415,3258	430,4443	411,1754
54,44444	6,894757	449,0665	437,1847	414,7486	431,6017	411,3391
54,44444	8,273709	450,6429	438,6969	415,5661	433,7584	412,622

А.2 Контрольный пример расчета физических свойств по ГОСТ 31369-2008

Исходные данные:

Компонентный состав

Метан	= 0,92470
Этан	= 0,03500
Пропан	= 0,00980
<i>n</i> -Бутан	= 0,00220
2-Метилпропан	= 0,00340
<i>n</i> -Пентан	= 0,00060
Азот	= 0,01750
Диоксид углерода	= 0,00680

Сгорание при 15 °С, измерение при 15 °С и 101,325 кПа.

Расчетные данные

Параметр	Единица измерений	Значение
Значение высшей объемной теплоты сгорания	МДж/м ³	38,96
Плотность	кг/м ³	0,7409
Коэффициент сжимаемости	-	0,9977
Относительная плотность	-	0,6046
Средняя молярная масса	кг/кмоль	17,478
Значение высшей массовой теплоты сгорания	МДж/кг	52,59
Значение высшей молярной теплоты сгорания	кДж/моль	919,09
Значение низшей объемной теплоты сгорания	МДж/м ³	35,15
Значение низшей массовой теплоты сгорания	МДж/кг	47,44
Значение низшей молярной теплоты сгорания	кДж/моль	829,1
Число Воббе	МДж/м ³	50,11

А.3 Физические свойства газа по ГСССД МР 113-03

Исходные данные:

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей
1	Концентрации компонентов газа в молярных процентах	
1.1	Метан	60,0
1.2	Этан	10,0
1.3	Пропан	20,0
1.4	Бутан	3,85
1.5	И-бутан	2,0
1.6	Пентан	1,0
1.7	И-пентан	1,0
1.8	Гексан	0,5
1.9	Гептан	0,5
1.11	Азот	1,0
1.12	Диоксид углерода	0,15
1.13	Сероводород	0,00
1.14	Кислород	0,00
2	Абсолютная влажность, г/м ³	7,42
3	Температура газа, °С	10
4	Давление газа, атм	7

Расчетные данные:

t	P	K	ρ
°С	атм	1	кг/м ³
10	1,0	0,9993	1,194
10	7,0	0,9590	8,710
20	1,0	1,0000	1,153
20	7,0	0,9640	8,369

где t – температура газа;
 P – абсолютное давление газа;
 K – коэффициент сжимаемости газа;
 ρ – плотность газа.

А4. Коэффициент сжимаемости по методу AGA8 согласно ГОСТ Р 8.662.

Компонентный состав газа №1 Приложения G ГОСТ Р 8.662-2009.

Значение температуры T , К	Значение абсолютного давления, бар	Значение фактора сжимаемости по ГОСТ Р 8.662-2009
250	50	0,81996
260	50	0,84544
350	300	0,97032

Компонентный состав газа №4 Приложения G ГОСТ Р 8.662-2009.

Значение температуры T, К	Значение абсолютного давления, бар	Значение фактора сжимаемости по ГОСТ Р 8.662-2009
250	50	0,86904
260	50	0,88770
350	300	1,01893

A5. Исходные данные для расчета физических свойств смесей, имитирующих природный газ согласно ГОСТ 30319.2-2015

Исходные данные	Смеси	
	№ 1	№ 2
Плотность при стандартных условиях, кг/м ³	0,7000	0,8263
Молярная доля азота	0,003	0,057
Молярная доля диоксида углерода	0,006	0,076

Расчетные значения физических свойств для смеси № 1

T, К	p, МПа	ρ , кг/м ³	z	u, м/с	k	μ , мкПа·с
250,00	0,1	0,8112	0,9966	402,4	1,314	9,47
300,00	0,1	0,6749	0,9982	437,9	1,294	11,16
350,00	0,1	0,5780	0,9990	469,6	1,275	12,71
250,00	2,0	17,368	0,9310	390,1	1,322	9,68
300,00	2,0	13,983	0,9636	431,1	1,299	11,29
350,00	2,0	11,784	0,9801	465,8	1,278	12,80
250,00	5,0	49,146	0,8225	374,1	1,376	10,77
300,00	5,0	36,947	0,9117	425,1	1,336	11,96
350,00	5,0	30,287	0,9533	464,0	1,304	13,32
250,00	7,5	82,728	0,7329	364,8	1,468	12,40
300,00	7,5	57,885	0,8729	425,4	1,397	12,96
350,00	7,5	46,341	0,9346	467,0	1,348	14,10

Расчетные значения физических свойств для смеси № 2

T, К	p, МПа	ρ , кг/м ³	z	w, м/с	к	μ , мкПа·с
250,00	0,1	0,9576	0,9964	368,0	1,297	9,65
300,00	0,1	0,7967	0,9980	400,6	1,278	11,40
350,00	0,1	0,6823	0,9989	429,6	1,260	13,01
250,00	2,0	20,621	0,9254	355,9	1,306	9,88
300,00	2,0	16,550	0,9608	394,0	1,285	11,54
350,00	2,0	13,932	0,9784	426,0	1,264	13,11
250,00	5,0	59,222	0,8055	339,0	1,362	11,08
300,00	5,0	43,950	0,9045	387,8	1,322	12,24
350,00	5,0	35,904	0,9491	424,0	1,291	13,65
250,00	7,5	101,70	0,7036	327,3	1,453	12,88
300,00	7,5	69,162	0,8622	387,2	1,383	13,30
350,00	7,5	55,056	0,9284	426,3	1,334	14,45

А6. Исходные данные для расчета физических свойств смесей, имитирующих природный газ согласно ГОСТ 30319.3-2015

Компоненты	Молярная доля для смесей		
	№1	№2	№3
Метан	0,965	0,812	0,8641
Этан	0,018	0,043	0,018
Пропан	0,0045	0,009	0,0045
i-Бутан	0,001	0,0015	0,001
n-Бутан	0,001	0,0015	0,001
i-Пентан	0,0005	—	0,0003
n-Пентан	0,0003	—	0,0005
n-Гексан	0,0007	—	0,0012
Азот	0,003	0,057	0,0034
Диоксид углерода	0,006	0,076	0,006
Гелий	—	—	0,005
Водород	—	—	0,095

Расчетные значения физических свойств для смеси № 1

T, К	p, МПа	ρ , кг/м ³	z	u, м/с	k	μ , мкПа·с
250,00	0,1	0,8112	0,9966	402,4	1,313	9,44
300,00	0,1	0,6749	0,9982	438,1	1,295	11,11
350,00	0,1	0,5780	0,9990	469,3	1,273	12,68
250,00	5,0	49,295	0,8200	372,3	1,366	10,88
300,00	5,0	36,949	0,9116	425,6	1,338	12,09
350,00	5,0	30,253	0,9543	465,5	1,311	13,48
250,00	15,0	196,15	0,6182	471,9	2,912	21,05
300,00	15,0	125,53	0,8050	460,3	1,773	16,61
350,00	15,0	95,519	0,9068	492,0	1,541	16,39
250,00	30,0	285,18	0,8504	767,6	5,601	33,91
300,00	30,0	223,21	0,9054	646,7	3,111	25,68
350,00	30,0	178,53	0,9703	612,6	2,233	22,47

Расчетные значения физических свойств для смеси № 2

T, К	p, МПа	ρ , кг/м ³	z	u, м/с	k	μ , мкПа·с
250,00	0,1	0,9577	0,9963	370,1	1,312	10,08
300,00	0,1	0,7967	0,9980	402,8	1,293	11,88
350,00	0,1	0,6823	0,9989	431,5	1,270	13,58
250,00	5,0	59,396	0,8032	339,1	1,366	11,68
300,00	5,0	43,980	0,9039	389,6	1,335	12,95
350,00	5,0	35,869	0,9500	427,1	1,309	14,45
250,00	15,0	241,91	0,5916	444,0	3,179	24,13
300,00	15,0	151,67	0,7864	422,4	1,804	18,18
350,00	15,0	114,10	0,8960	451,3	1,549	17,72
250,00	30,0	342,04	0,8369	728,2	6,046	38,94
300,00	30,0	267,56	0,8915	603,4	3,247	28,75
350,00	30,0	213,16	0,9592	567,0	2,284	24,72

Расчетные значения физических свойств для смеси № 3

T, К	p, МПа	ρ , кг/м ³	z	u, м/с	k	μ , мкПа·с
250,00	0,1	0,7454	0,9972	420,9	1,321	9,51
300,00	0,1	0,6203	0,9986	458,3	1,303	11,18
350,00	0,1	0,5313	0,9993	491,0	1,281	12,75
250,00	5,0	43,206	0,8602	399,4	1,379	10,69
300,00	5,0	33,217	0,9324	450,8	1,350	12,04
350,00	5,0	27,454	0,9670	490,8	1,323	13,47
250,00	15,0	158,30	0,7044	463,0	2,263	17,60
300,00	15,0	108,18	0,8589	483,3	1,688	15,58
350,00	15,0	84,803	0,9391	519,1	1,524	15,88
250,00	30,0	253,14	0,8809	724,47	4,428	28,92
300,00	30,0	196,78	0,9443	640,7	2,693	22,93
350,00	30,0	158,80	1,0030	626,8	2,080	20,89