

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер – первый заместитель  
генерального директора  
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»



С.В. Трапезников

17 сентября 2019 г.

### Отчет по испытаниям

**СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ  
И ГАЗОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВА РАСШИРЕНИЯ  
ТРУБОПРОВОДА ДИФФУЗОРНО-КОНФУЗОРНОГО (СИРК-М)**

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог –  
начальник ПОМО  
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

 И.К. Манзин  
17 сентября 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Технический директор  
ООО Центр Метрологии «СТП»

 А.А. Шенко  
17 сентября 2019 г.

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Информационные данные .....  | 3  |
| 1. Введение .....  | 4  |
| 1.1 Объект испытаний .....   | 4  |
| 1.2 Цель испытаний .....   | 5  |
| 1.3 Место проведения испытаний .....   | 5  |
| 1.4 Порядок отбора образцов для проведения испытаний .....                     | 5  |
| 1.5 Основные параметры и технические характеристики контрольного образца ..... | 5  |
| 2. Проверка документации.....  | 7  |
| 2.1 Технические и эксплуатационные документы .....                             | 7  |
| 2.2 Разрешительные документы .....   | 7  |
| 3. Экспериментальные исследования .....  | 8  |
| 3.1 Испытательное оборудование и эталоны, применяемые на испытаниях .....      | 8  |
| 3.2 Условия проведения испытаний .....   | 9  |
| 3.3 Методика испытаний .....   | 10 |
| 4. Результаты испытаний .....  | 12 |
| 5. Анализ результатов измерений .....  | 14 |
| 6. Выводы .....  | 15 |
| Приложение № 1 .....   | 16 |
| Приложение № 2 .....   | 17 |
| Приложение № 3 .....   | 18 |
| Приложение № 4 .....   | 19 |
| Приложение № 5 .....   | 20 |
| Приложение № 6 .....   | 22 |


**Информационные данные**

Испытания проведены:

Уральским региональным метрологическим центром общества с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Екатеринбург» (далее - УРМЦ).


**Руководитель испытаний:**

Заместитель начальника ПОМО

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»  А.В. Жданов

**Исполнители:**

Главный специалист УРМЦ (по испытаниям)  Р.А. Ширгазин

Главный специалист УРМЦ (по метрологии)  Е.А. Стенюшкина

Инженер-метролог 1 категории  К.А. Михайличенко

Инженер-метролог 1 категории  Е.В. Клементьева

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1 Объект испытаний

Объектом испытаний является серийный образец «Системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно - конфузорного (далее - СИРК-М)» производства ООО «ГлобМера» (далее – СИРК-М).

Расход среды с использованием СИРК-М определяют методом переменного перепада давления, возникающего при протекании рабочей среды в измерительном трубопроводе через устройство расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (далее – УРТДК). Вначале происходит местное расширение потока (диффузор), а затем сужение потока (конфузор). При движении газа через УРТДК происходит торможение потока при его расширении в диффузорной части, в результате чего часть кинетической энергии переходит в потенциальную. Далее, по мере движения газа через УРТДК, происходит ускорение потока при сужении в конфузорной области и соответственно обратный переход части потенциальной энергии потока в кинетическую. В результате статическое давление в первой точке отбора давления становится больше чем статическое давление во второй точке отбора давления. Разность этих давлений тем больше, чем больше расход протекающей среды. Эта разность давлений и служит мерой расхода.



Рис. 1 СИРК-М на измерительной линии DN100 УРМЦ-10000

## 1.2 Цель испытаний

Целью испытаний является подтверждение заявленных метрологических характеристик СИРК-М серийного производства при измерении объемного расхода (объема) природного газа в рабочих условиях и проверка воспроизводимости метрологических характеристик на различных экземплярах УРТДК.

## 1.3 Место проведения испытаний

Испытания серийных образцов СИРК-М проведены в Уральском региональном метрологическом центре (далее – УРМЦ) на базе ГИС «Долгодеревенское» Челябинского ЛПУМГ – филиала ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» (приложение № 1), в условиях действующего магистрального газопровода с использованием установки поверочной для счетчиков газа УРМЦ-10000 (приложение № 2), аттестованной в качестве эталона объемного расхода газа 1 разряда. Испытания проведены на измерительном трубопроводе Ду100 в диапазоне от 32 м<sup>3</sup>/ч до 650 м<sup>3</sup>/ч.

## 1.4 Порядок отбора образцов для проведения испытаний

Для проведения испытаний СИРК-М серийного производства представляется два образца СИРК-М (DN100 PN100) зав. № 37, 38 в комплекте с прямыми участками. После окончания испытаний образцы СИРК-М возвращают изготовителю.

## 1.5 Основные параметры и технические характеристики контрольного образца

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование   | Значение   |
|--|--|
| Пределы допускаемой относительной погрешности СИРК-М при измерении:<br>– массового расхода (массы) пара, %<br>– объемного расхода (объема) газа, приведенного к стандартным условиям, %<br>– массового расхода (массы) жидкости, % | от ±1,5 до ±3,0*<br><br>от ±1,5 до ±4,0*<br>от ±1,0 до ±5,0* |
| Пределы допускаемой относительной погрешности СИРК-М при вычислении объемного расхода (объема) среды, приведенного к стандартным условиям, %   | ±0,01  |
| Пределы допускаемой относительной погрешности СИРК-М при вычислении массового расхода (массы) среды, %   | ±0,01  |
| Пределы допускаемой приведенной** погрешности СИРК-М при преобразовании силы постоянного тока от 4 до 20 мА в цифровой сигнал, %   | от ±0,10 до ±0,25***   |
| Пределы допускаемой приведенной** погрешности СИРК-М при преобразовании сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал, %  | от ±0,25 до ±0,50***   |

| Наименование   | Значение |
|--|----------|
| Пределы допускаемой приведенной <sup>**</sup> погрешности СИРК-М при преобразовании цифрового сигнала в силу постоянного тока от 4 до 20 мА, %   | ±0,20    |
| <p>* Рассчитывается в соответствии с методикой измерений «Инструкция. Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество жидкостей и газов. Методика измерений с помощью системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М)».</p> <p>** Указанные погрешности приведены к диапазонам соответствующих входных/выходных сигналов.</p> <p>*** Пределы допускаемой приведенной погрешности СИРК-М при преобразовании силы постоянного тока от 4 до 20 мА и сигналов термопреобразователей сопротивления в цифровой сигнал рассчитываются по формуле</p> $\gamma_{ВП} = \pm \sqrt{\gamma_{ПП}^2 + \gamma_{КК}^2},$ <p>где <math>\gamma_{ПП}</math> – пределы допускаемой приведенной погрешности промежуточного измерительного преобразователя согласно описанию типа (при отсутствии промежуточного измерительного преобразователя принимается равным 0), %;</p> <p><math>\gamma_{КК}</math> – пределы допускаемой приведенной погрешности комплексного компонента согласно описанию типа, %.</p> |          |

Таблица 2 – Основные технические характеристики

| Наименование   | Значение   |
|--|--|
| Измеряемая среда   | жидкость, газ, пар   |
| Номинальный диаметр входного отверстия УРТДК, мм   | 50, 80, 100, 150, 200  |
| Диапазоны измерений входных параметров:<br>– перепада давления (на УРТДК), МПа<br>– абсолютного давления, МПа<br>– избыточного давления, МПа<br>– температуры, °С  | от 0 до 2,5<br>от 0 до 50<br>от 0 до 50<br>от -200 до +600                               |
| Параметры электрического питания:<br>– напряжение переменного тока, В<br>– частота, Гц   | 220±22<br>50±1   |
| Потребляемая мощность, В·А, не более   | 500  |
| Габаритные размеры, мм, не более<br>– ИВК RISO<br>– УРТДК  | 395×310×220<br>420×420×1190  |
| Масса, кг, не более  | 500  |
| Условия эксплуатации:<br>– температура окружающего воздуха в местах установки первичных измерительных преобразователей, °С<br>– температура окружающего воздуха в местах установки промежуточных измерительных преобразователей и комплексного компонента, °С<br>– относительная влажность, %<br>– атмосферное давление, кПа   | от -40 до +50<br><br>от +10 до +35<br>до 95<br>без конденсации влаги<br>от 84,0 до 106,7 |
| <p>Примечания</p> <p>1 Значения диапазонов измерений входных параметров могут быть меньше указанных, в зависимости от настройки первичных и промежуточных измерительных преобразователей.</p> <p>2 Диапазоны измерений расхода среды рассчитываются в соответствии с методикой измерений «Инструкция. Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество жидкостей и газов. Методика измерений с помощью системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М)».</p> <p>3 СИ, эксплуатация которых в указанных диапазонах температуры окружающей среды и относительной влажности не допускается, эксплуатируются при температуре окружающей среды и относительной влажности, указанных в описании типа и эксплуатационной документации на данные СИ.</p> |  |

В таблицах 1 и 2 указаны общие метрологические и технические характеристики. Состав, метрологические и технические характеристики конкретной модели СИРК-М указаны в паспорте СИРК-М.

## 2. ПРОВЕРКА ДОКУМЕНТАЦИИ

Вместе с оборудованием на испытания была представлена следующая техническая документация:

- свидетельство об утверждении типа СИ;
- приложение к свидетельству об утверждении типа СИ (описание типа);
- методика поверки;
- паспорта на представленные СИРК-М;
- руководство по эксплуатации, схемы электрических подключений;
- декларация соответствия №: ЕАЭС N RU Д-RU.AM03.B.00103/19 от 05.02.2019;
- технические условия и т.д.

### 2.1 Технические и эксплуатационные документы

Сведения о наличии технических и эксплуатационных документов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень технической и эксплуатационной документации

| № п/п | Наименование документа                           | Наличие |
|-------|--|---------|
| 1     | Технические условия ТУ-4213-002-60489237-2015    | +       |
| 2     | Руководство по эксплуатации 4213-002-60489237 РЭ | +       |
| 3     | Паспорт (формуляр)                               | +       |
| 4     | Методика поверки МП 145-30151-2015               | +       |

### 2.2 Разрешительные документы

Сведения о наличии и сроке действия разрешительных документов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Перечень разрешительной документации

| № | Наименование документа, представленного на испытания             | Наличие документа | Организация, выдавшая (согласовавшая) документ | Организация - держатель документа | № документа              | Срок действия документа | Прим. |
|---|--|-------------------|--|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|
| 1 | Свидетельство (Сертификат) об утверждении типа средств измерений | +                 | ООО Центр Метрологии «СТП»                     | ООО «Глоб Мера»                   | RU.C.29.1 51.A № 59241/1 | 30.06.2020              |       |
| 2 | Приложение к сертификату (описания типа)                         | +                 | ООО Центр Метрологии «СТП»                     | ООО «Глоб Мера»                   | 60984-15                 | 30.06.2020              |       |
| 3 | Акт отбора образцов  | +                 | ООО «Глоб Мера»                                | ООО «Глоб Мера»                   | 1                        | 26.04.2019              |       |

| № | Наименование документа, представленного на испытания | Наличие документа | Организация, выдавшая (согласовавшая) документ | Организация - держатель документа | № документа | Срок действия документа | Прим. |
|---|--|-------------------|--|-----------------------------------|-------------|-------------------------|-------|
| 4 | Акт или протокол гидравлических испытаний            | +                 | ООО «БАШАРМ-ПРОМ»                              | ООО «Глоб Мера»                   | 959         | -                       |       |

На основании представленной технической документации принято решение о возможности установки СИРК-М в измерительный трубопровод DN100 установки поверочной УРМЦ-10000 и начале производства испытаний.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Испытательное оборудование и эталоны, применяемые при испытаниях

В качестве эталонного средства измерения расхода и объема природного газа применяется Установка поверочная для счетчиков газа УРМЦ-10000 аттестованная в качестве эталона единицы объемного расхода газа 1 разряда, рег. № 3.2.ВМЧ.0001.2017 (свидетельство об аттестации № 0009-2017 от 14.06.2017 г.).

Диапазон измерения расхода: 32...10000 м<sup>3</sup>/ч;

Рабочая среда: природный газ из магистрального газопровода;

Давление рабочей среды: 5,4 .... 7,4 МПа;

Температура рабочей среды: +5...+50 °С;

Основной эталонный элемент: счетчик газа турбинный DN150 PN100 SM-RI-X-L фирмы «Elster-Instromet»;

Средства измерений, входящие в состав эталона: датчики температуры, датчики абсолютного давления, датчики дифференциального давления, поточный газовый хроматограф, промышленный компьютер с лицензионным программным обеспечением;

Предел допускаемой относительной погрешности установки поверочной для счетчиков газа УРМЦ-10000: ±0,3 %.

#### Метрологические характеристики эталонных счетчиков и СИ установки УРМЦ-10000

Таблица 5 - Метрологические характеристики эталона DN150

| № п/п                           | Наименование эталона или вспомогательного средства измерения   | Серийный номер                   | Диапазон измерения, погрешность  |
|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
| Измерительный трубопровод DN150 |  |                                  |  |
| 1                               | Расходомер-счетчик газа турбинный модели SM-RI-X-L G400 DN150  | № 10401848-2004                  | 32...650 м <sup>3</sup> /ч<br>индивидуальная градуировка<br>NMI, $\delta < \pm 0,16\%$ |
| 2                               | Преобразователь измерительный 3144Р с термопреобразователем сопротивления платиновым серии 65 (Pt100, $\alpha=0.00385$ ) | № 1943510/2004<br>ТСП № 03050449 | -10...+60 °С, $\pm 0,12$ °С  |
| 3                               | Преобразователь измерительный 3144Р с термопреобразователем сопротивления платиновым серии 65 (Pt100, $\alpha=0.00385$ ) | № 1943509/2004<br>ТСП № 03050448 | -10...+60 °С, $\pm 0,12$ °С  |



| №<br>п/п | Наименование эталона или вспомогательного средства измерения                      | Серийный номер  | Диапазон измерения, погрешность |
|----------|---|-----------------|---------------------------------|
| 4        | Преобразователь давления измерительный (абсолютного давления) модели 3051СА       | № 7950167 10/04 | 0...80 бара, ± 0,075 % ВПИ      |
| 5        | Преобразователь давления измерительный (дифференциального давления) модели 3051DA | № 7950171 10/04 | 0...80 бара, ± 0,075 % ВПИ      |

### Метрологические характеристики поточного газового хроматографа Encal-2000 фирмы «Instromet International».

Основные метрологические характеристики поточного газового хроматографа Encal-2000 приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Метрологические характеристики поточного газового хроматографа Encal-2000

| Анализируемый компонент         | Диапазон измерения мол. % | Минимальные определяемые содержания компонентов, ppm | Пределы допускаемого значения среднеквадратичного отклонения значений выходных сигналов для каждого из компонентов калибровочного газа (ПГС) $\sigma$ , мол. % |
|---------------------------------|---------------------------|--|--|
| Азот                            | 0 - 50                    | 50   | 0,005  |
| Диоксид углерода                | 0 - 29                    | 1000   | 0,005  |
| Метан                           | 50 - 98.5                 | 100  | 0,01   |
| Этан                            | 0 - 15                    | 50   | 0,005  |
| Пропан                          | 0 - 3.6                   | 50   | 0,002  |
| Бутан и изобутан                | 0 - 1.5                   | 100  | 0,002  |
| Пентаны                         | 0 - 0.28                  | 200  | 0,002  |
| Гексан и высшие C <sub>6+</sub> | 0 - 0.1                   | 200  | 0,001  |

### 3.2 Условия проведения испытаний

Испытания представленных образцов СИРК-М DN100 PN100 проводились при следующих условиях (таблица 7):

Таблица 7 - Условия проведения испытаний

|  |                        |
|--|------------------------|
| Измеряемая среда   | Сухой природный газ    |
| Диапазон расходов, м <sup>3</sup> /ч                               | от 32 до 650           |
| Рабочее давление измеряемой среды, МПа *                           | от 5,4 до 7,4          |
| Температура измеряемой среды, °С *                                 | от минус 20 до плюс 50 |
| Температура окружающего воздуха в блоке эталонов, °С               | 20 ± 5                 |
| Скорость изменения температуры окружающего воздуха, °С/ч, не более | 0,5                    |
| Относительная влажность, %   | от 10 до 80            |
| Атмосферное давление, кПа  | от 84 до 106,7         |

|   |       |
|---|-------|
| Отклонение от номинальных значений напряжения питания электрических приборов, %, не более | ± 2   |
| Отклонение от номинального значения частоты питания электроприборов, Гц, не более         | ± 0,5 |

\* Диапазоны определяются техническими возможностями УРМЦ.

Внешние электрические и магнитные поля (кроме земного), вибрация, тряска и удары, влияющие на работу испытуемого СИ, испытательной аппаратуры и эталонных средств измерений отсутствовали.

3.2.1 Испытания СИРК-М DN100 PN100 проводились в соответствии с Программой испытаний. На схеме (приложение № 3) указано место расположения испытываемой СИРК-М на измерительном участке газопровода, а также расположение и размеры прямых участков (приложение № 4). Прямые участки производства ООО «Глоб Мера».

Испытания проводились в период с 28 по 29 августа 2019 года:

28.08.2019 – проведены испытания «СИРК-М» зав. № 38.

29.08.2019 – проведены испытания «СИРК-М» зав. № 37.

3.2.2 Перед началом испытания компонентный состав протекающего по измерительному трубопроводу газа определялся ХАЛ Челябинского ЛПУМГ с помощью газового хроматографа Кристалл-5000. Компонентный состав газа (средние значения за весь период проведения испытаний) приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Средние значения компонентного состава газа за время испытаний

| №  | Компонент        | Содержание, мол.% |
|----|------------------|-------------------|
| 1  | Гексан (C6+):    | 0,0143            |
| 2  | Азот             | 1,34              |
| 3  | Метан            | 95,08             |
| 4  | Диоксид углерода | 0,330             |
| 5  | Этан             | 2,31              |
| 6  | Пропан           | 0,66              |
| 7  | и-Бутан          | 0,090             |
| 8  | н-Бутан          | 0,106             |
| 9  | нео-Пентан       | 0,00063           |
| 10 | и-Пентан         | 0,0217            |
| 11 | н-Пентан         | 0,0169            |

### 3.3 Методика испытаний

3.3.1 Для определения значений относительной погрешности в измерительном трубопроводе DN100 создавали стационарный поток природного газа, проходящий последовательно через эталонный турбинный счетчик и испытуемую СИРК-М. Значения расхода газа задавали следующие:

0,05\*Q<sub>max</sub>, 0,10\*Q<sub>max</sub>, 0,20\*Q<sub>max</sub>, 0,40\*Q<sub>max</sub>, 0,60\*Q<sub>max</sub>, 0,80\*Q<sub>max</sub>, и Q<sub>max</sub>, где Q<sub>max</sub> = 650 м<sup>3</sup>/ч (соответствует верхнему пределу измерений эталонного турбинного счетчика SM-RI-X-L G400). На каждом режиме испытаний расход газа поддерживали по показаниям эталона постоянным в пределах ± 3 %. Время однократного измерения около 30 с, количество измерений не менее 20 в каждой точке расхода.

3.3.2 На каждом режиме испытаний при фиксированных значениях расхода, через равные промежутки времени фиксировали объем газа, абсолютное давление и температуру газа.

Относительная погрешность определяется в процентах по формуле:

$$E = \frac{V_{ui} - V_{\varepsilon i}^{**}}{V_{\varepsilon i}^{**}} \times 100 \% ; \quad (1)$$

$$V_{\varepsilon i}^{**} = V_{\varepsilon i}^* \times k_2 ; \quad (2)$$

$$V_{\varepsilon i}^* = V_{\varepsilon i} \times k_1 ; \quad (3)$$

$$k_2 = \frac{P_{\varepsilon i}}{P_{ui}} \times \frac{T_{ui}}{T_{\varepsilon i}} \times \frac{Z_{ui}}{Z_{\varepsilon i}} ; \quad (4)$$

где:  $V_{ui}$  – объем газа за время  $\Delta t$ , по показаниям испытуемой СИРК-М;

$V_{\varepsilon i}$  – объем газа за время  $\Delta t$ , по показаниям эталонного счетчика;

$V_{\varepsilon i}^*$  – скорректированное значение  $V_{\varepsilon i}$  эталонного счетчика на величину  $k_1$  по результатам калибровки в NMI на природном газе. Величина  $k_1$  рассчитывается методом интерполяции по известным табличным значениям;

$V_{\varepsilon i}^{**}$  – скорректированное значение  $V_{\varepsilon i}^*$  эталонного счетчика на величину  $k_2$  с учетом изменения давления и температуры в месте установки испытуемой СИРК-М (приведение объема к условиям испытуемого СИ);

$P_{\varepsilon i}$  – среднее значение абсолютного давления на эталонном счетчике за время  $\Delta t$ ;

$P_{ui}$  – среднее значение абсолютного давления на испытуемой СИРК-М, за время  $\Delta t$ ;

$k_1$  – коэффициент коррекции показаний эталонного счетчика по результатам калибровки эталонного счетчика на природном газе в NMI;

$k_2$  – коэффициент приведения показаний эталонного счетчика к условиям испытуемой СИРК-М;

$Z_{\varepsilon i}$  – коэффициент сжимаемости природного газа, рассчитанный с учетом компонентного состава газа, значений абсолютного давления и температуры газа на эталонном счетчике;

$Z_{ui}$  – коэффициент сжимаемости природного газа, рассчитанный с учетом компонентного состава газа, значений абсолютного давления и температуры газа на испытуемой СИРК-М.

$T_{ui}$  – температура природного газа, измеренная на испытуемой СИРК-М.

$T_{\varepsilon i}$  – температура природного газа, измеренная на эталонном счетчике.

Коэффициенты сжимаемости природного газа при рабочих условиях определяются в соответствии с ГОСТ 30319.3-2015 (по известному компонентному составу).

Среднее значение относительной погрешности рассчитывается по следующей формуле:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n E_i$$

(5)

где:  $n$  – количество измерений, принятое для оценки погрешности;

Относительная расширенная неопределенность по типу А на каждом расходе определяется по формуле:

$$U' = k \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n \times (n-1)}} \quad (6)$$

где:  $k$  – коэффициент Стьюдента для вероятности 95% и степени свободы

$$v = n - 1.$$

Значения коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности 95% в зависимости от степени свободы приведены в таблице 9.

Таблица 9 - Коэффициенты Стьюдента для доверительной вероятности 95 %

|     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $v$ | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| $k$ | 2,78 | 2,58 | 2,45 | 2,36 | 2,31 | 2,26 | 2,23 | 2,20 | 2,18 |
| $v$ | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 25   |
| $k$ | 2,16 | 2,14 | 2,13 | 2,12 | 2,11 | 2,10 | 2,09 | 2,09 | 2,06 |

Суммарная неопределенность на каждом расходе рассчитывается по формуле

$$U'_{\text{сум}} = \sqrt{0,09 + U'^2} \quad (7)$$

Операции, приведенные в п.п. 3.3.2 проводят для всех значений расхода.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

4.1 Сводные результаты измерений по СИРК-М зав.№№ 37, 38 приведены в таблице 10, 11. Протокол результатов испытаний СИРК-М в Приложениях №№ 5, 6.

4.2 Продолжительность измерений расхода газа в каждой точке не менее 20 раз по 30 сек. Коэффициент Стьюдента принят равным  $k = 2$ .

Таблица 10 - Сводная таблица результатов измерений СИРК-М зав. № 37.

| Qси, % | Qси, м <sup>3</sup> /ч | Qэ, м <sup>3</sup> /ч | $\bar{E}$ , % | $U'$ , % |
|--------|------------------------|-----------------------|---------------|----------|
| 5,55   | 36,11                  | 35,71                 | 1,11          | 0,25     |
| 9,70   | 63,02                  | 62,73                 | 0,46          | 0,14     |
| 20,08  | 130,51                 | 130,27                | 0,19          | 0,04     |
| 39,95  | 259,68                 | 259,22                | 0,18          | 0,01     |
| 60,56  | 393,65                 | 392,36                | 0,33          | 0,01     |
| 80,01  | 520,10                 | 517,74                | 0,46          | 0,01     |
| 100,47 | 653,05                 | 649,50                | 0,55          | 0,01     |

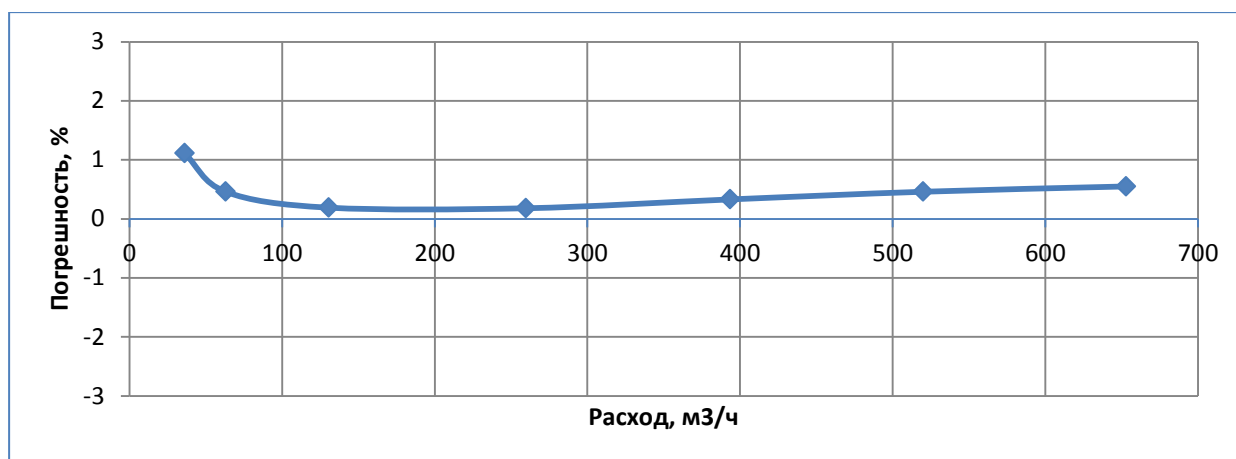


Рис.2 Кривая погрешности СИРК-М зав.№ 37

Таблица 12 - Сводная таблица результатов измерений СИРК-М зав. № 38.

| Qси, % | Qси, м <sup>3</sup> /ч | Qэ, м <sup>3</sup> /ч | $\bar{E}$ , % | $U'$ , % |
|--------|------------------------|-----------------------|---------------|----------|
| 6,01   | 39,09                  | 39,09                 | -0,01         | 0,57     |
| 9,99   | 64,95                  | 64,43                 | 0,81          | 0,19     |
| 20,16  | 131,02                 | 130,99                | 0,02          | 0,03     |
| 40,26  | 261,72                 | 261,90                | -0,07         | 0,02     |
| 60,17  | 391,10                 | 392,36                | 0,02          | 0,01     |
| 79,72  | 518,16                 | 517,25                | 0,17          | 0,01     |
| 100,74 | 654,79                 | 652,92                | 0,29          | 0,01     |

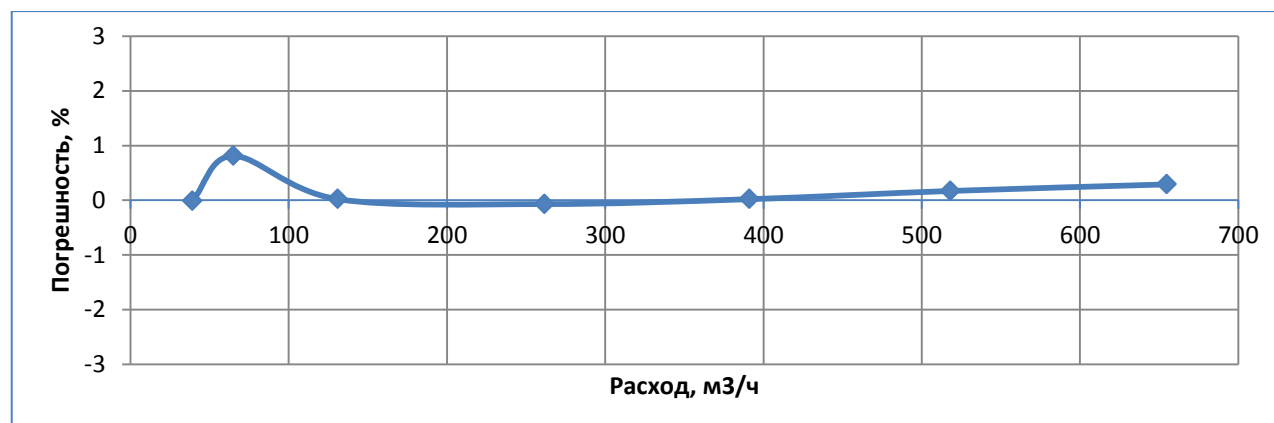


Рис.3 Кривая погрешности СИРК-М зав.№ 38

## 5. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 5.1 Критерии соответствия метрологических характеристик.

5.1.1 Если при всех расходах значение  $|\bar{E}| + U'_{\text{сум}} \leq \delta_{\text{си}}$  (8) (не превышает предела допускаемой относительной погрешности испытуемого СИ), то считается, что действительные метрологические характеристики соответствуют заявленным.

5.1.2 Если имеется значение расхода, при котором значение  $|\bar{E}| - U'_{\text{сум}} > \delta_{\text{си}}$  (9) превышает предел допускаемой относительной погрешности испытуемого СИ, то считается, что действительные метрологические характеристики не соответствуют заявленным.

5.1.3 Если имеются значения расхода, при которых выполняются условие

$$|\bar{E}| - U'_{\text{сум}} \leq \delta_{\text{си}} < |\bar{E}| + U'_{\text{сум}} \quad (10)$$

то рассчитывается вероятность  $P_{\text{бам}}$  ошибочного признания годным любого, в действительности негодного (дефектного) экземпляра СИ.

Если  $P_{\text{бам}} < 0,2$  то метрологические характеристики СИ соответствуют заявленным изготовителем СИРК-М.

Таблица 14 - Анализ результатов измерений СИРК-М зав.№ 37

| $Q_{\text{св}} \%$ | $Q_{\text{св}} \text{ м}^3/\text{ч}$ | $\bar{E}, \%$ | $U, \%$ | $U'_{\text{сум}}, \%$ | $ \bar{E}  + U'_{\text{сум}}$ | $P_{\text{бам}}$ | $\delta_{\text{дон}}, \%$ |
|--------------------|--------------------------------------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| 5,55               | 36,11                                | 1,11          | 0,25    | 0,39                  | 1,50                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 9,70               | 63,02                                | 0,46          | 0,14    | 0,33                  | 0,79                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 20,08              | 130,51                               | 0,19          | 0,04    | 0,30                  | 0,49                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 39,95              | 259,68                               | 0,18          | 0,01    | 0,30                  | 0,48                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 60,56              | 393,65                               | 0,33          | 0,01    | 0,30                  | 0,63                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 80,01              | 520,10                               | 0,46          | 0,01    | 0,30                  | 0,76                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 100,47             | 653,05                               | 0,55          | 0,01    | 0,30                  | 0,85                          | -                | $\pm 1,5$                 |

Таблица № 15 - Анализ результатов измерений СИРК-М зав. № 38

| $Q_{\text{св}} \%$ | $Q_{\text{св}} \text{ м}^3/\text{ч}$ | $\bar{E}, \%$ | $U, \%$ | $U'_{\text{сум}}, \%$ | $ \bar{E}  + U'_{\text{сум}}$ | $P_{\text{бам}}$ | $\delta_{\text{дон}}, \%$ |
|--------------------|--------------------------------------|---------------|---------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| 6,01               | 39,09                                | -0,01         | 0,57    | 0,64                  | 0,65                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 9,99               | 64,95                                | 0,81          | 0,19    | 0,36                  | 1,17                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 20,16              | 131,02                               | 0,02          | 0,03    | 0,30                  | 0,32                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 40,26              | 261,72                               | -0,07         | 0,02    | 0,30                  | 0,37                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 60,17              | 391,10                               | 0,02          | 0,01    | 0,30                  | 0,32                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 79,72              | 518,16                               | 0,17          | 0,01    | 0,30                  | 0,47                          | -                | $\pm 1,5$                 |
| 100,74             | 654,79                               | 0,29          | 0,01    | 0,30                  | 0,59                          | -                | $\pm 1,5$                 |

## 6. ВЫВОДЫ

На основании проведенных испытаний СИРК-М DN100 PN100 на установке УРМЦ-10000 можно сделать следующие выводы:

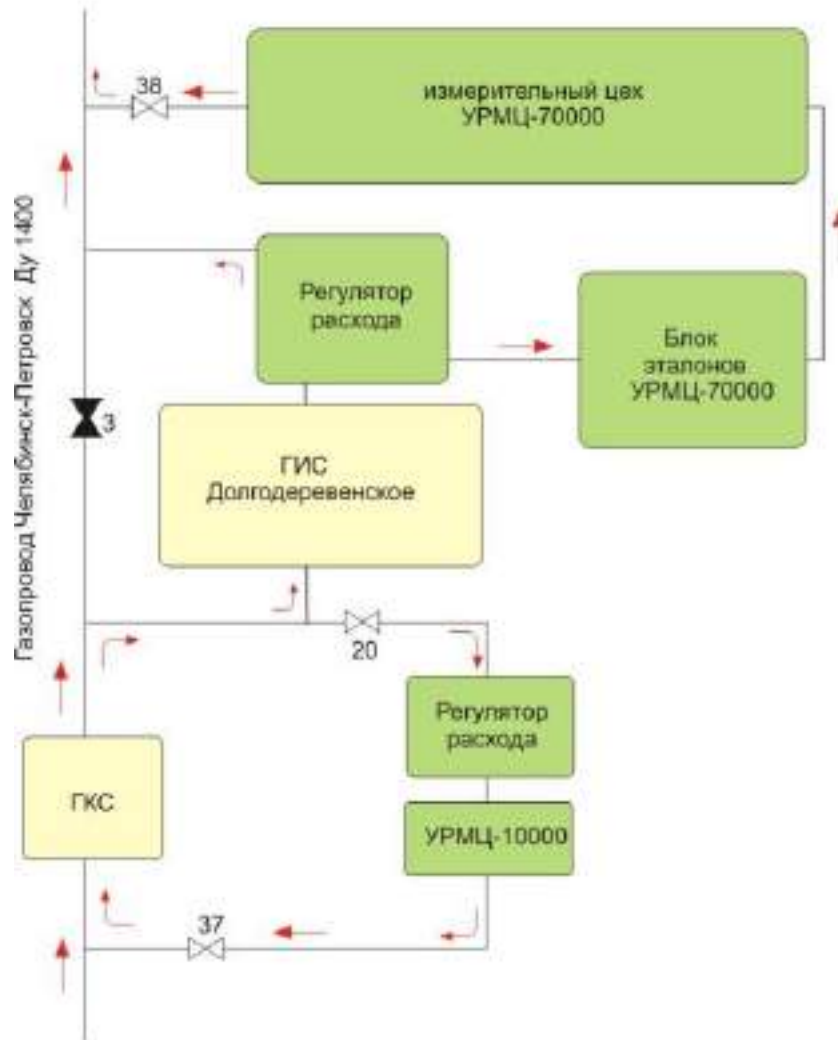
6.1 Метрологические характеристики СИРК-М зав. № 37 соответствуют заявленным в технической документации. Максимальное отклонение составило +1,11 % на минимальном расходе при допустимом значении  $\pm 1,5$  %. Средневзвешенная ошибка (без внесения поправочных коэффициентов) составила  $WME = 0,38\%$ ;

6.2 Метрологические характеристики СИРК-М зав. № 38 соответствуют заявленным в технической документации. Максимальное отклонение составило +0,81 % в зоне малых расходов, при допустимом значении  $\pm 1,5$  %. Средневзвешенная ошибка (без внесения поправочных коэффициентов) составила  $WME = 0,12$  %.

6.3 Метрологические характеристики СИРК-М воспроизводятся на представленных экземплярах, произведенных на заводе-изготовителе в соответствии с техническими условиями ТУ-4213-002-60489237-2015 (в разное время с использованием идентичного технологического оборудования), что свидетельствует о высоком качестве изготовления проточной части УРТДК.

6.4 Конструкция СИРК-М имеет минимальное гидравлическое сопротивление потоку газа.

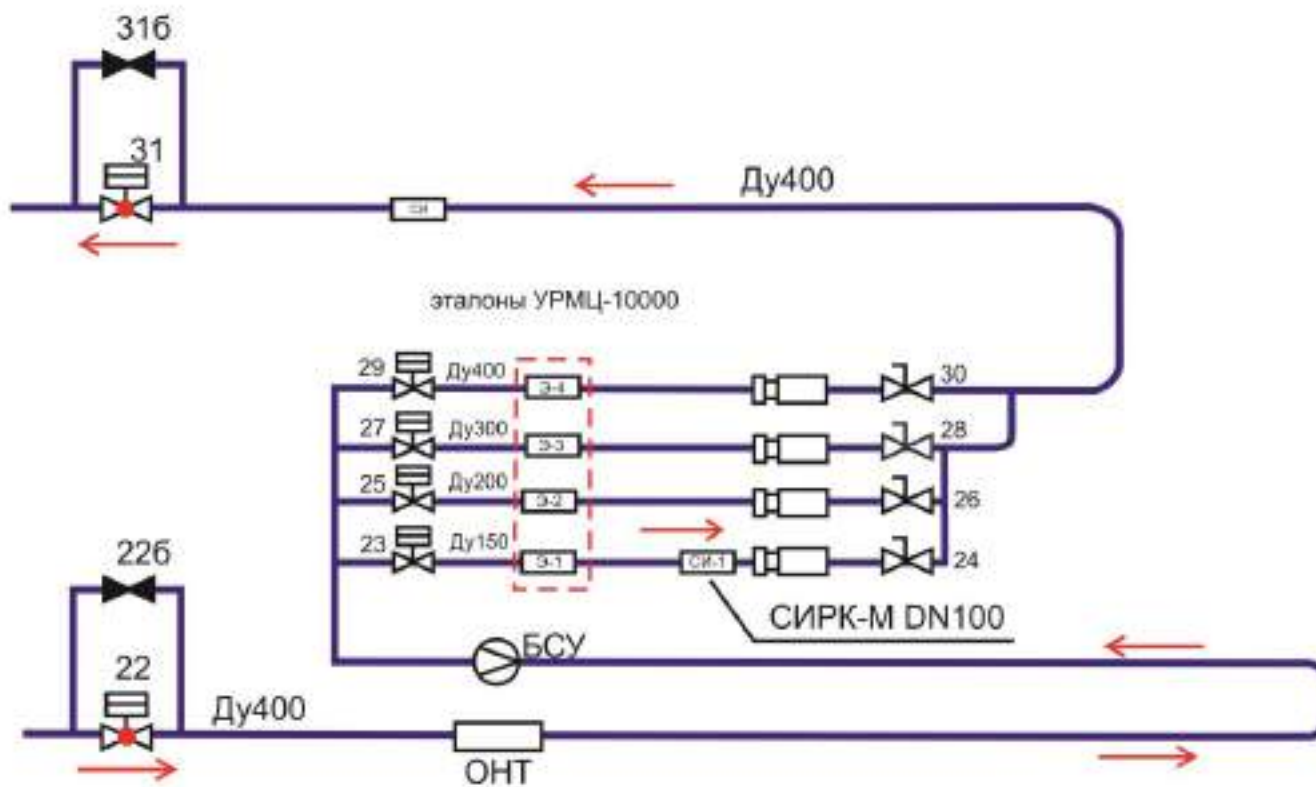
### Блок-схема УРМЦ



1. УРМЦ-10000. Установка поверочная для проверки счетчиков природного газа в рабочих условиях. В составе установки измерительные трубопроводы Ду 80, 100, 150, 200, 300, 400 мм с рабочими эталонами Instromet International SM-RI-X-L G400, G1000, G2500, G6500.
2. УРМЦ-70000. Установка поверочная для проверки счетчиков природного газа в рабочих условиях. В составе установки измерительные трубопроводы Ду 500, 700, 1000 мм с рабочими эталонами Instromet International SM-RI-X-L G6500 Ду 400 (7шт.)
3. Блок эталонов УРМЦ-70000 на базе турбинных счетчиков мастер-класса Elster-Instromet SM-RI-X-L G6500 Ду 400 (7шт.)
4. ГКС - газокompрессорная станция
5. ГИС - газоизмерительная станция
6. Регулятор расхода - комплекс запорно-регулирующей арматуры на базе клапанов-регуляторов Мокеванд.

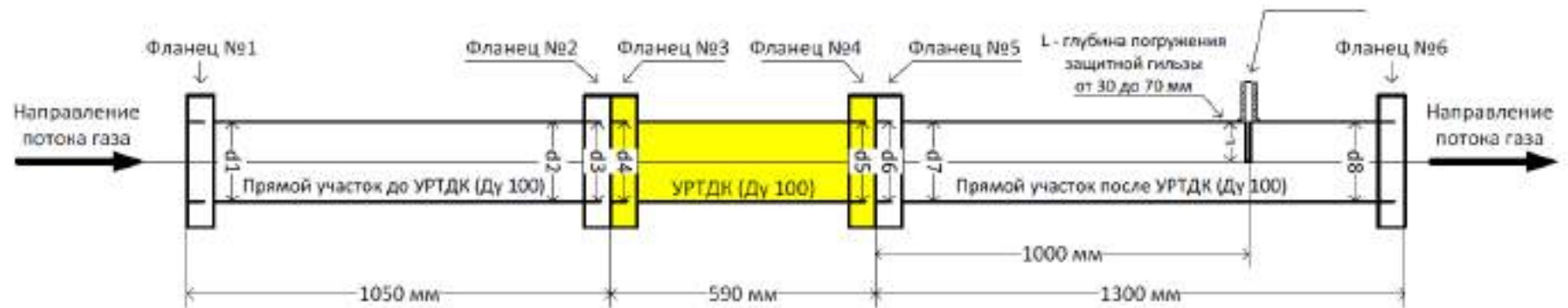


Схема поверочной установки УРМЦ-10000





### Схема прямых участков СИРК-М



Внутренние диаметры прямых участков (d1, d2, d3, d6, d7, d8) и соединительных концов УРТДК (d4 и d5) должны быть в пределах  $100 \pm 0.5$  мм.

Протокол испытаний № I-2019.09-001

дата выполнения: 28 августа 2019 г.

место проведения испытаний: УРМЦ

|   |  |
|---|--|
| заказчик                                  | ООО "Глоб Мера"  |
| основание                                 | Договор № 31-2019 от 27.05.2019  |
| изготовитель                              | ООО "Глоб Мера"  |
| наименование, тип, заводской номер        | Система измерительная расхода и количества жидкостей и газов модернизированная на базе устройства расширения трубопровода диффузно-конфузорного (СИРК-М) (рег. № 60984-15) зав. № 37 |
| год выпуска                               | 2018   |
| у, мм                                     | 100  |
| коэффициент счетчика ВЧ, $\text{имп/м}^3$ | 5142,86  |

| параметр                                       | Значение | Компонентный состав газа |            |
|--|----------|--------------------------|------------|
|  |          | Компонент                | Содержание |
| давление, бар                                  | 64,73    | Гексаны (С6+), mol %     | 0,0143     |
| температура, °C                                | 27       | Азот, mol %              | 1,34       |
| плотность газа р.у., $\text{кг/м}^3$           | 49,35    | Метан, mol %             | 95,08      |
| атмосферное давление, кПа                      | 98,0     | Диоксид угл., mol %      | 0,330      |
| температура окружающего воздуха, °C            | 20,3     | Этан, mol %              | 2,31       |
| относительная влажность окружающего воздуха, % | 42       | Пропан, mol %            | 0,66       |
| коэффициент сжимаемости                        | 0,889    | и-Бутан, mol %           | 0,090      |
|  |          | н-Бутан, mol %           | 0,106      |
|  |          | и-Пентан, mol %          | 0,0217     |
|  |          | н-Пентан, mol %          | 0,0169     |

испытания выполнены с применением:

патрон единицы объемного расхода газа 1 разряда (рег. № 3.2.ВМЧ.0001.2017), сервооб. аттестации от 14.06.2017 № 0009-2017

программа и методика испытаний:

Программа и методика испытаний системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузно-конфузорного (СИРК-М), утв. ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" 20.05.2019

характеристики рабочего эталона DN150

| параметр                                 | Значение                          |
|--|-----------------------------------|
| изготовитель                             | Instromet Int.                    |
| тип                                      | Расходомер-счетчик газа турбинный |
| модель                                   | SM-RI-X-L G400                    |
| заводской номер                          | 10401848                          |
| год выпуска                              | 2004                              |
| у, мм                                    | 160                               |
| $Q_{\text{max}}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$ | 650                               |
| $Q_{\text{min}}$ , $\text{м}^3/\text{ч}$ | 32                                |
| коэф. сч ВЧ, $\text{имп/м}^3$            | 6717,85                           |
| коэф. сч НЧ, $\text{имп/м}^3$            | 1                                 |
| тип вых. сигнала                         | HF                                |

Калибровочная характеристика NMI рабочего эталона DN150 зав. № 10401848

| $Q/Q_{\text{max}}$ | Q ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) | Dev (%) | Utot (%) |
|--------------------|-----------------------------|---------|----------|
| 0,05               | 31,82                       | -0,12   | 0,16     |
| 0,10               | 65,57                       | -0,08   | 0,16     |
| 0,16               | 101,05                      | -0,11   | 0,16     |
| 0,20               | 131,40                      | -0,17   | 0,16     |
| 0,25               | 163,14                      | -0,17   | 0,16     |
| 0,38               | 250,16                      | -0,03   | 0,16     |
| 0,55               | 355,38                      | 0,05    | 0,16     |
| 0,69               | 448,41                      | -0,02   | 0,16     |
| 0,85               | 549,56                      | -0,03   | 0,16     |
| 1,00               | 651,86                      | -0,05   | 0,16     |

характеристики средств измерений температуры

| параметр               | Значение  |
|------------------------|---|
| изготовитель           | Rosemount   |
| наименование, тип      | Преобразователь измерительный 3144P с термопреобразователем сопротивления |
| заводской номер        | № 1943510/2004<br>ТСП № 03050449  |
| год выпуска            | 2004  |
| диапазон измерений, °C | -10...+60   |
| погрешность            | $\pm 0,12$ °C   |

Характеристики средства измерений давления

| параметр                | Значение   |
|-------------------------|--|
| изготовитель            | Rosemount  |
| наименование, тип       | Преобразователь давления измерительный (абсолютного) |
| заводской номер         | 7950167 10/04  |
| год выпуска             | 2004   |
| диапазон измерений, бар | 0...80   |
| погрешность, %          | $\pm 0,075$ % ВПИ                                    |

Метрологические характеристики поточного газового хроматографа Encal-2000

| Анализируемый компонент       | Диапазон измерения мол. % | Минимальные определяемые содержания компонентов, ppm | Пределы допустимого значения среднеквадратичного отклонения значений выходных сигналов для каждого из компонентов калибровочного газа (ПГС), мол. % |
|-------------------------------|---------------------------|--|---|
| Азот                          | 0 - 50                    | 50   | 0,005   |
| Диоксид углерода              | 0 - 29                    | 1000   | 0,005   |
| Метан                         | 50 - 98,5                 | 100  | 0,01  |
| Этан                          | 0 - 15                    | 50   | 0,005   |
| Пропан                        | 0 - 3,6                   | 50   | 0,002   |
| Бутан и изобутан              | 0 - 1,5                   | 100  | 0,002   |
| Пентаны                       | 0 - 0,28                  | 200  | 0,002   |
| Гексан и смесь С <sub>6</sub> | 0 - 0,1                   | 200  | 0,001   |

Расчет плотности проведен по ГОСТ 30319.2-2015. Погрешность метода расчета плотности:  $\pm 0,16$ %

Наименование СИ: Система измерительная расхода и количества жидкостей и газов модернизированная на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М) (рег. № 60984-15) зав. № 37

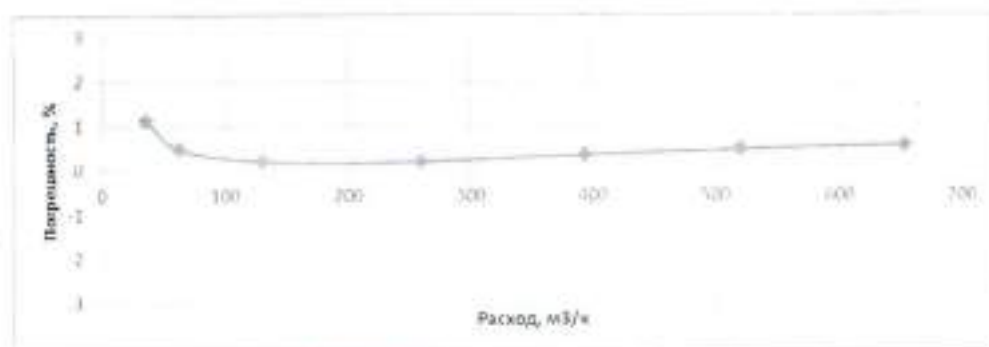
Эталон: № 3.2 ВМЧ.0001.2017), с-во об аттестации от 14.05.2017 № 0009-2017

Программа и методика испытаний: Программа и методика испытаний системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М), утв. ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" 20.05.2019

#### Результаты испытаний

| $Q_{\text{изм}}, \%$ | $Q_{\text{ист}}, \text{м}^3/\text{ч}$ | $Q_{\text{изм}}, \text{м}^3/\text{ч}$ | Откл., % |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| 5,55                 | 36,11                                 | 35,71                                 | 1,10943  |
| 9,70                 | 63,02                                 | 62,73                                 | 0,45933  |
| 20,08                | 130,51                                | 130,27                                | 0,18588  |
| 39,95                | 259,68                                | 259,22                                | 0,17938  |
| 60,56                | 393,65                                | 392,36                                | 0,32785  |
| 80,01                | 520,10                                | 517,74                                | 0,45506  |
| 100,47               | 653,05                                | 649,50                                | 0,54727  |

Средневзвешенная ошибка WME, %: 0,3837



Заключение: Метрологические характеристики СИРК-М зав. № 37 соответствуют заявленным в технической документации. Максимальное отклонение составило +1,11 % на минимальном расходе при допустимом значении  $\pm 1,5$  %. Средневзвешенная ошибка (без внесения поправочных коэффициентов) составила WME = 0,38%

Руководитель

Главный специалист (по испытаниям)

28 августа 2019 г.



Е.А. Стенюшина

Р.А. Цыргазин

Протокол испытаний № I-2019.09-002

Дата выполнения: 29 августа 2019 г.

Место проведения испытаний: УРМЦ

|   |   |
|---|---|
| Владелец                                    | ООО "Газпром Мера"  |
| Основание                                   | Договор № 31-2019 от 27.05.2019   |
| Изготовитель                                | ООО "Газпром Мера"  |
| Наименование, тип, заводской номер          | Система измерительная расхода и количества жидкостей и газов модернизированная на базе устройств расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М) (рег. № 60984-15) зав. № 39 |
| Год выпуска                                 | 2018  |
| Ди, мм                                      | 100   |
| Коэффициент счетчика ВЧ, имп/м <sup>3</sup> | 5142,86   |

| Условия испытаний                              |          | Компонентный состав газа |            |
|--|----------|--------------------------|------------|
| Параметр                                       | Значение | Компонент                | Содержание |
| Рэ.ср, бар                                     | 63,4     | Гексаны (С6+), mol. %    | 0,0118     |
| Тэ.ср, °С                                      | 24,73    | Азот, mol. %             | 1,36       |
| Пл.газа р.у., кг/м <sup>3</sup>                | 48,76    | Метан, mol. %            | 95,06      |
| Атмосферное давление, кПа                      | 97,6     | Диоксид угл., mol. %     | 0,337      |
| Температура окружающего воздуха, °С            | 20,1     | Этан, mol. %             | 2,34       |
| Относительная влажность окружающего воздуха, % | 41       | Пропан, mol. %           | 0,62       |
| Коэф.сжимаемости                               | 0,888    | и-Бутан, mol. %          | 0,089      |
|  |          | н-Бутан, mol. %          | 0,107      |
|  |          | и-Пентан, mol. %         | 0,0203     |
|  |          | н-Пентан, mol. %         | 0,0159     |

Испытания выполнены с применением:

Эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда (рег. № 3.2.ВМЧ.0001.2017), сер. № аттестации от 14.08.2017 № 0009-2017

Программа и методика испытаний:

"Программа и методика испытаний системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М)", утв. ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" 20.05.2019

Характеристики рабочего эталона DN150

| Параметр                       | Значение                          |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Изготовитель                   | Instramet Int.                    |
| Тип                            | Расходомер-счетчик газа турбинный |
| Модель                         | SM-R1-X-L G400                    |
| Заводской номер                | 10401848                          |
| Год выпуска                    | 2004                              |
| Ди, мм                         | 150                               |
| Qmax, м <sup>3</sup> /ч        | 650                               |
| Qmin, м <sup>3</sup> /ч        | 32                                |
| Коэф.сч ВЧ, имп/м <sup>3</sup> | 6717,85                           |
| Коэф.сч НЧ, имп/м <sup>3</sup> | 1                                 |
| Тип вых.сигнала                | HF                                |

Калибровочная характеристика NMI рабочего эталона DN150 зав. № 10401848

| Q/Qmax | Q (м <sup>3</sup> /ч) | Dev (%) | Utot (%) |
|--------|-----------------------|---------|----------|
| 0,05   | 31,82                 | -0,12   | 0,16     |
| 0,10   | 65,57                 | -0,08   | 0,16     |
| 0,15   | 101,05                | -0,11   | 0,16     |
| 0,20   | 131,40                | -0,17   | 0,16     |
| 0,25   | 163,14                | -0,17   | 0,16     |
| 0,38   | 250,16                | -0,03   | 0,16     |
| 0,55   | 355,38                | 0,06    | 0,16     |
| 0,69   | 448,41                | -0,02   | 0,16     |
| 0,85   | 549,56                | -0,03   | 0,16     |
| 1,00   | 651,86                | -0,05   | 0,16     |

Характеристики средств измерений температуры

| Параметр               | Значение   |
|------------------------|--|
| Изготовитель           | Rosemount  |
| Наименование, тип      | Преобразователь измерительный 3144P с термпреобразователем сопротивления |
| Заводской номер        | № 1943510/2004<br>ТСР № 03050449   |
| Год выпуска            | 2004   |
| Диапазон измерений, °С | -10...+60  |
| Погрешность            | + 0,12 °С  |

Характеристики средств измерений давления

| Параметр                | Значение   |
|-------------------------|--|
| Изготовитель            | Rosemount  |
| Наименование, тип       | Преобразователь давления измерительный (абсолютного) |
| Заводской номер         | 7950167 10/04  |
| Год выпуска             | 2004   |
| Диапазон измерений, бар | 0...80   |
| Погрешность, %          | ± 0,075 % ВПИ  |

Метрологические характеристики поточного газового хроматографа Elscat-2000

| Анализируемый компонент         | Диапазон измерения мол. % | Минимальные определяемые содержания компонентов, ppm | Пределы допускаемого значения среднеквадратичного отклонения значений выходных сигналов для каждого из компонентов калибровочного газа (НП °С), мол. % |
|---------------------------------|---------------------------|--|--|
| Азот                            | 0 - 50                    | 50   | 0,005  |
| Диоксид углерода                | 0 - 29                    | 1000   | 0,005  |
| Метан                           | 50 - 98,5                 | 100  | 0,01   |
| Этан                            | 0 - 15                    | 50   | 0,005  |
| Пропан                          | 0 - 3,6                   | 50   | 0,002  |
| Бутан и изобутан                | 0 - 1,5                   | 100  | 0,002  |
| Пентаны                         | 0 - 0,28                  | 200  | 0,002  |
| Гексан и изомеры С <sub>6</sub> | 0 - 0,1                   | 200  | 0,001  |

Расчет плотности произведен по ГОСТ 30319.2-2015. Погрешность метода расчета плотности: ± 0,16%

наименование СИ: Система измерительная расхода и количества жидкостей и газов модернизированная на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М) (рег. № 60984-15) зав. № 38

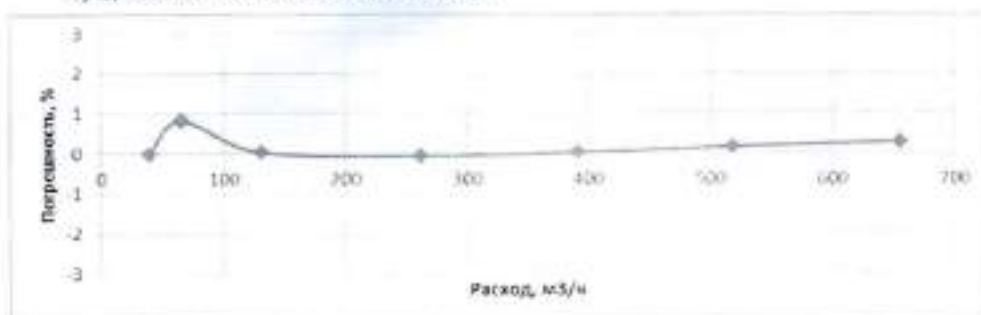
Эталон: № 3.2.ВМЧ.0001.2017), св-во об аттестации от 14.06.2017 № 0009-2017

Программа и методика испытаний: "Программа и методика испытаний системы измерительной расхода и количества жидкостей и газов модернизированной на базе устройства расширения трубопровода диффузорно-конфузорного (СИРК-М)", утв. ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" 20.05.2019

Результаты испытаний:

| $Q_{\text{исп}}, \%$ | $Q_{\text{исп}}, \text{м}^3/\text{ч}$ | $Q_{\text{пр}}, \text{м}^3/\text{ч}$ | Откл., % |
|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------|
| 6,01                 | 39,09                                 | 39,09                                | -0,01085 |
| 9,99                 | 64,95                                 | 64,43                                | 0,80533  |
| 20,16                | 131,02                                | 130,99                               | 0,02022  |
| 40,28                | 261,72                                | 261,90                               | -0,07030 |
| 60,17                | 391,10                                | 391,03                               | 0,01884  |
| 79,72                | 518,16                                | 517,25                               | 0,17497  |
| 100,74               | 654,79                                | 652,92                               | 0,28611  |

Средневзвешенная ошибка WME, %: 0,1206



Заключение: Метрологические характеристики СИРК-М зав. № 38 соответствуют заявленным в технической документации. Максимальное отклонение составило +0,81 % в зоне малых расходов, при допустимом значении  $\pm 1,5$  %. Средневзвешенная ошибка (без внесения поправочных коэффициентов) составила WME = 0,12 %.

Руководитель

Главный специалист (по испытаниям)

"29" августа 2019 г.



Е.А. Стенюшкина

Р.А. Ширгазин

