

УДК 681.121.89.082.4

**Р.Р. Гаптрахманов<sup>1</sup>**, e-mail: r-gaptrahmanov@tattg.gazprom.ru; **О.М. Хамидуллин<sup>1</sup>**, e-mail: r-gaptrahmanov@tattg.gazprom.ru;  
**Р.Р. Кантюков<sup>1</sup>**, e-mail: r-kantuykov@tattg.gazprom.ru; **Р.В. Лебедев<sup>1</sup>**, e-mail: r-lebedev@tattg.gazprom.ru;  
**С.В. Шенкаренко<sup>1</sup>**, e-mail: s-shenkarenko@tattg.gazprom.ru

<sup>1</sup> ООО «Газпром трансгаз Казань» (Казань, Россия).

## Об эксплуатации узлов измерений расхода газа с ультразвуковыми преобразователями расхода

Обеспечение точности измерений расхода транспортируемого газа на газораспределительных станциях является актуальной задачей для газотранспортного общества. Точность замеров на узлах измерений расхода газа на газораспределительных станциях обеспечивается за счет соблюдения обязательных требований аттестованных методик, в том числе требований к длинам прямых участков и к расположению местных сопротивлений. Для узлов измерений расхода газа с ультразвуковыми преобразователями расхода данные требования установлены ГОСТ 8.611–2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Расход и количество газа. Методика (метод) измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода». Практика применения прописанных требований свидетельствует о необходимости уточнить расположение преобразователей расхода относительно других узлов и устройств на объекте установки узла измерения расхода газа исходя из условий эксплуатации, которые в нормативной документации не конкретизированы в полном объеме. В то же время опыт эксплуатации узлов измерений расхода газа с ультразвуковыми преобразователями расхода, расположенных после узла редуцирования газа, показывает, что при соблюдении обязательных требований методики измерений к расположению местных сопротивлений необходимо дополнительно учитывать и типы местных сопротивлений, снижающих шум от регуляторов давления газа, распространяемый на ультразвуковые преобразователи расхода.

В статье представлены примеры местных сопротивлений и длин прямых участков измерительного трубопровода на газораспределительной станции, которые как усиливают шум от регуляторов давления газа на ультразвуковых преобразователях расхода, так и снижают его. Приведенные примеры могут быть использованы при проектировании узлов измерения расхода газа, а также в ходе их эксплуатации, для недопущения и исключения влияния шума при аналогичных конфигурациях узлов.

**Ключевые слова:** узел измерений расхода газа, методика измерений, ультразвуковой преобразователь расхода, регулятор давления газа, шум.

.....

**R.R. Gaptrahmanov<sup>1</sup>**, e-mail: r-gaptrahmanov@tattg.gazprom.ru; **O.M. Khamidullin<sup>1</sup>**, e-mail: r-gaptrahmanov@tattg.gazprom.ru;  
**R.R. Kantuykov<sup>1</sup>**, e-mail: r-kantuykov@tattg.gazprom.ru; **R.V. Lebedev<sup>1</sup>**, e-mail: r-lebedev@tattg.gazprom.ru;  
**S.V. Shenkarenko<sup>1</sup>**, e-mail: s-shenkarenko@tattg.gazprom.ru

<sup>1</sup> Gazprom transgaz Kazan LLC (Kazan, Russia).

## On Operation of Gas Flow Measurement Units equipped with Ultrasonic Flow Transducers

To ensure accuracy of gas flow measurements at gas-distributing stations for transported gas is an urgent problem for the gas-transport association. Meeting of mandatory requirements set for the certified measurement technique including those for straight pipe runs and location of form losses, is responsible for accurate measurements at gas flow measurement units of gas-distributing stations.

For gas flow measurement units equipped with ultrasonic flow transducers the above requirements are set by GOST 8.611-2013 "State System to ensure traceability. Gas flow and volume. The measuring technique using ultrasonic flow transducers". The application practices of the technique described in the Standard indicate the necessity to specify the location of flow transducers against other units and devices at the facility where a gas flow measurement unit is installed basing on operating conditions which are not fully specified in the Standard. Yet, operating experience of gas flow measurement units with ultrasonic flow transducers located behind the gas reduction unit shows that when meeting

the mandatory measuring technique requirements set to the location of form losses it is necessary to additionally consider also the types of form losses which lower noises from gas pressure regulators spread by the ultrasonic flow transducers. The paper gives examples of form losses and straight measuring pipe runs at a gas-distributing station, which both intensify and lower the noise from gas pressure regulators in ultrasonic flow transducers. The examples given can be used in designing and operating of gas flow measurement units in order to prevent and exclude noise effects in similar geometries of the units.

**Keywords:** gas flow measurement unit, measuring technique, ultrasonic flow transducer, gas pressure regulator, noise.

Ультразвуковые преобразователи расхода (УЗПР) газа появились в сегменте счетчиков газа в 2000 г. и на сегодняшний день являются воплощением одной из главных концепций построения счетчиков газа для технологического применения, а также для коммерческого учета и измерений [1]. Наряду с высокими воспроизводимостью и точностью ультразвуковая технология имеет и другие характерные особенности:

- незначительное падение давления;
  - широкие пределы измерений;
  - способность работать с пульсирующими потоками.
- УЗПР могут предоставлять расширенную диагностическую информацию, при этом измеренную УЗПР скорость звука можно сравнить со скоростью звука в среде, вычисленной на основе давления, температуры и состава газа, что позволяет контролировать правильность работы УЗПР.

#### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ГАЗА НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Обеспечить соответствие уровня точности на узлах измерений расхода газа с УЗПР нормативным требованиям можно только путем соблюдения требований методики измерений [2]. Высокий уровень точности измерений обеспечивается, в частности, выполнением

Для цитирования (for citation):

Гаптрахманов Р.Р., Хамидуллин О.М., Кантюков Р.Р., Лебедев Р.В., Шенкаренко С.В. Об эксплуатации узлов измерений расхода газа с ультразвуковыми преобразователями расхода // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 10. С. 60–63.

Gaptrakhmanov R.R., Khamidullin O.M., Kantuykov R.R., Lebedev R.V., Shenkarenko S.V. On Operation of Gas Flow Measurement Units equipped with Ultrasonic Flow Transducers. Territorija «NEFTEGAS» = Oil and Gas Territory, 2018, No. 10, P. 60–63. (In Russ.)

МОСКВА • ЦВК ЭКСПОЦЕНТР  
4 - 6 МАРТА 2019

VI МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ  
ИСПЫТАНИЯ • ДИАГНОСТИКА



- НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ •
- ДЕФЕКТОМЕТРИЯ •
- МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ •
- ИСПЫТАНИЯ •
- ДИАГНОСТИКА •
- ОЦЕНКА РИСКА •
- ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА •



ОРГАНИЗАТОР:  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ  
КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ



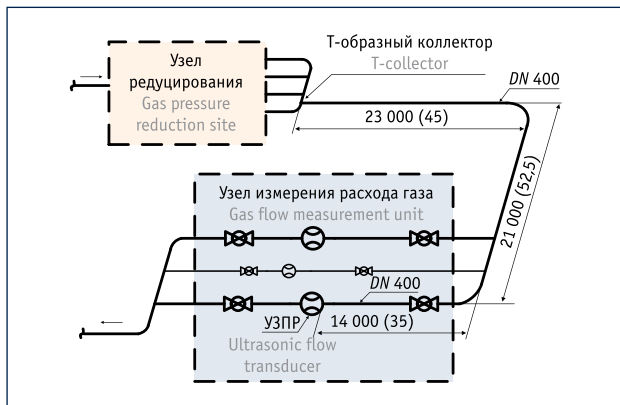


Рис. 1. Схема прямых участков измерительных трубопроводов ГРС-1  
Fig. 1. Layout of straight measuring pipe runs of the gas-distribution station No. 1

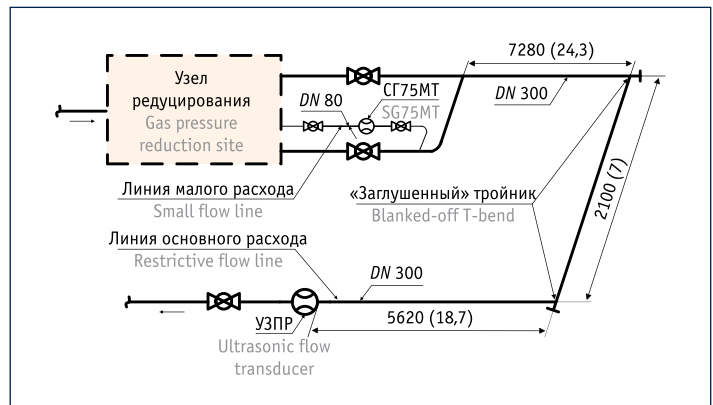


Рис. 2. Схема прямых участков измерительного трубопровода ГРС-2  
Fig. 2. Layout of straight measuring pipe runs of the gas-distribution station No. 2

Коэффициенты ослабления для различных элементов системы трубопроводов на частоте 200 кГц  
Attenuation factors for various pipeline system elements at a frequency of 200 kHz

Элемент системы трубопроводов Pipeline system elements	Коэффициент $N_d$ Factor $N_d$	Ослабление, дБ Attenuation, dB
Колено 90° Elbow 90°	0,56	5
Колено 45° Elbow 45°	0,79	2
Т-элемент T-element	0,32	10
Два колена в различных плоскостях Two elbows in different planes	0,20	14
100 м трубопровода 100 m pipeline	0,56	5

требований п. 9.2.2.6 методики измерений [2] при выборе длин прямых участков измерительных трубопроводов и расположения местных сопротивлений до и после УЗПР. В данной методике установлено, что в отсутствие на участке измерительного трубопровода (ИТ) длиной 50 DN перед УЗПР местных сопротивлений (МС), создающих закрутку потока и/или существенную асимметрию распределения скоростей потока, длина прямолинейного участка ИТ перед УЗПР должна составлять не менее 20 DN. В то же время длина прямолинейного участка между УЗПР и установленным перед ним местным сопротивлением, создающим закрутку потока и/или существенную асимметрию распределения скоростей потока, должна составлять не менее 50 DN. После УЗПР должен располагаться прямолинейный участок ИТ длиной не менее 5 DN. Регуляторы давления в узле редуцирования газа на ГРС относятся к МС, создающим за-

крутку потока и/или существенную асимметрию распределения скоростей потока. Однако практика эксплуатации узлов измерений расхода газа с УЗПР на газораспределительных станциях (ГРС) после узла редуцирования газа показала, что для обеспечения работы УЗПР в штатном режиме недостаточно соблюдать только требования п. 9.2.2.6 методики измерений [2]. Рассмотрим конкретные примеры.

### ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ГАЗА НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

**Пример 1:** ГРС-1. Проектная производительность – 100 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Основная и резервная линии измерения основного расхода газа – ультразвуковой расходомер Turbo Flow UFG-F, DN 400. Линия измерения малого расхода газа – ультразвуковой расходомер Turbo Flow UFG-F,

DN 80. На рис. 1 представлена схема прямых участков измерительных трубопроводов ГРС-1, где показано размещение узла редуцирования газа и узла измерения расхода газа, расстояние между которыми составляет 132,5 DN. При соблюдении требований п. 9.2.2.6 методики измерений [2], согласно которым расстояние от смешивающего потока тройника узла редуцирования газа до УЗПР равно 132,5 DN при необходимом не менее 50 DN, на УЗПР наблюдается шум, оказывающий влияние на работу УЗПР. Для исключения влияния шума разработчик УЗПР был вынужден дополнительно установить электронный фильтр и в дальнейшем провести внеочередную поверку. Причиной распространения шума до УЗПР является совпадение собственной частоты колебаний потока с частотой звука, обусловленной работой регуляторов, когда Т-образный выходной коллектор узла редуцирования (рис. 1) становится акустическим резонатором, при этом амплитуда звука достигает максимального значения.

В [3] рассмотрены теоретические и экспериментальные исследования влияния шума от регуляторов давления на УЗПР. В п. 8.2.3 международного стандарта [1] перечислены элементы, входящие в систему трубопроводов УЗПР газа, которые ослабляют акустические помехи, причем это ослабление зависит от частоты. В таблице [1] представлены коэффициенты ослабления для различных элементов системы трубопроводов на частоте 200 кГц.

Колена и Т-элементы способствуют значительному ослаблению ультразвуковых помех, прямолинейный участок трубопровода практически не дает эффекта. Если уровень помех превышает приемлемые пределы, могут быть установлены дополнительные колена или Т-элементы в качестве глушителей звука или же глушители звука, специально спроектированные с этой целью.

**Пример 2:** ГРС-2. Проектная производительность – 50 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Линия измерения основного расхода газа – ультразвуковой расходомер MPU 1200, DN 300. Линия измерения малого расхода газа – счетчик газа СГ75МТ-250. При проектировании узла измерения расхода на ГРС-2 после узла редуцирования газа были учтены требования не только п. 9.2.2.6 [2], в соответствии с которыми расстояние от узла редуцирования до УЗПР должно составлять не менее 50 DN, но и п. 8.2.3 [1], регламентирующего значения коэффициентов ослабления для различных элементов системы трубопроводов.

На рис. 2 представлена схема прямых участков измерительного трубопрово-

Интервальные данные о расходе: за сентябрь  
Interval flow data: in September

Дата Day	MPU-100 Superflow-21B $V_{с.пер.,г}$ (м <sup>3</sup> )	СГ75-250 Корректор ЕК-270 $V_{ст.обм.,г}$ м <sup>3</sup> SG75-250 Equalizer ЕК-270 $V_{ст.обм.,г}$ м <sup>3</sup>	$\Delta V_{ст.г}$ (м <sup>3</sup> )	Относительная погрешность, % Relative error, %	$Q_{ст.г}$ м <sup>3</sup> /ч, при стандартных условиях $Q_{ст.г}$ m <sup>3</sup> /hr, under reference conditions	
					MPU-1200	СГ75-250 SG75-250
21.09	15 220	15 117,06	102,94	0,68	634	630
22.09	14 680	14 567,40	112,60	0,77	612	607
23.09	14 802	14 717,65	84,35	0,57	617	613
24.09	14 874	14 757,53	116,47	0,79	620	615
25.09	14 066	14 088,70	-22,70	-0,16	586	587
26.09	14 744	14 620,62	123,38	0,84	614	609
27.09	15 062	15 011,84	50,16	0,33	628	625
28.09	15 096	15 061,19	34,81	0,23	629	628
29.09	14 851	14 767,65	83,35	0,56	619	615
30.09	15 115	15 008,03	106,97	0,71	630	625
01.10	15 137	15 056,30	80,70	0,54	631	627
02.10	14 474	14 449,52	24,48	0,17	603	602
С 21.09 по 02.10 From 21.09 to 02.10	178 121	177 223,49	897,51	0,51	618	615
		% от $Q_{max}$ (диапазона измерений) % from $Q_{max}$ (measurement range)				
		1,17	35,67			
		Основная относительная погрешность, % Main relative error, %				
		1,0	1,1			

Рис. 3. Сравнение показаний ультразвукового счетчика с турбинным счетчиком газа  
Fig. 3. Comparison of registrations from ultrasonic and turbine gas flow meters



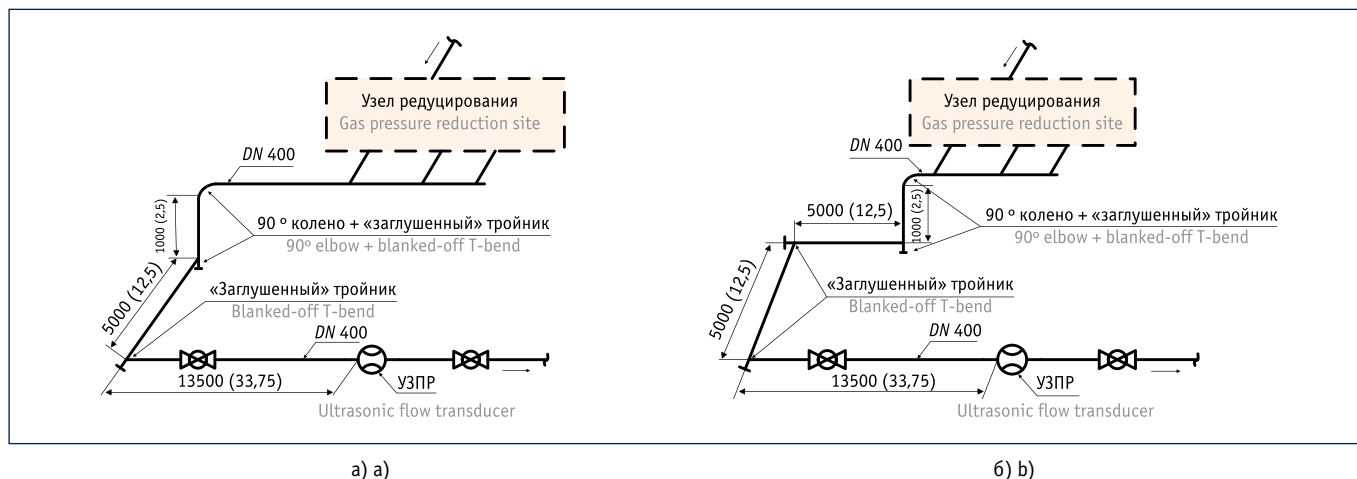


Рис. 4. Схема прямых участков измерительного трубопровода ГРС-3:  
 а) до изменения проектного решения; б) после изменения проектного решения  
 Fig. 4. Layout of straight measuring pipe runs of the gas-distribution station No. 3  
 а) prior to design changes; б) after design changes

да ГРС-2. Повороты измерительного трубопровода линии измерения основного расхода соединены в одной плоскости «заглушенными» тройниками. Диагностика в ходе эксплуатации показала, что УЗП работает в штатном режиме, недопустимые отклонения показателей по лучам отсутствуют. На ГРС-2 схема узла измерения расхода газа выполнена таким образом, что при работе линии измерения малого расхода газ проходит через линию измерения основного расхода. Такая компоновка позволяет проводить периодическое сравнение показаний ультразвукового и турбинного счетчиков газа. На рис. 3 представлен пример такого сравнения, когда отклонения показаний находятся в пределах допустимых значений.

**Пример 3:** ГРС-3. Проектная производительность – 100 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Линия измерения расхода газа – ультразвуковой расходомер MPU 1200, DN 400. При проектировании ГРС-3 было предложено выход из узла редуцирования газа на высоте 2 м опустить коленом 90° на 1 м, повернуть на 90° «заглушенным» тройником и далее в одной плоскости с УЗП повернуть еще одним «заглушенным» тройником (рис. 4а). Согласно п. 9.2.2.6 [2] расстояние между совмещенными местными сопротивлениями, состоящими из колена и тройника, должно быть не менее 18 DN, для DN 400 – 7,2 м, в проектное решение – 1,0 м.

Исходя из опыта эксплуатации узлов измерений расхода газа с УЗП на ГРС после узла редуцирования газа, чтобы гарантированно снизить шум от регуляторов давления, распространяемый на УЗП, в проектное решение было внесено следующее изменение: выход после узла редуцирования газа сразу опустили на 1,0 м и в одной плоскости с УЗП дважды повернули «заглушенными» тройниками к УЗП (рис. 4б), расстояние от узла редуцирования до УЗП в одной плоскости с УЗП составило не менее 50 DN.

## ВЫВОДЫ

Рассмотренные примеры эксплуатации узлов измерений расхода газа с УЗП на ГРС после узла редуцирования газа показывают, что при проектировании узлов измерений расхода газа с УЗП необходимо соблюдать не только обязательные требования к длинам прямых участков измерительных трубопроводов, к расположению местных сопротивлений, оговоренные в п. 9.2.2.6 методики измерений [2], но и выявлять и исключать местные сопротивления, усиливающие звук (Т-образный коллектор узла редуцирования газа) и предусматривать местные сопротивления, демпфирующие звук («заглушенный» тройник), а сам измерительный трубопровод, УЗП, местные сопротивления после узла редуцирования газа располагать в одной горизонтальной плоскости.

## Литература:

1. ISO 17089-1:2010. Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits – Ultrasonic Meters for Gas. Part 1. Meters for Custody Transfer and Allocation Measurement. 2010. 100 p.
2. ГОСТ 8.611–2013. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Расход и количества газа. Методика (метод) измерений с помощью ультразвуковых преобразователей расхода [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104093> (дата обращения: 23.10.2018).
3. Krajcin I., Uhrig M., Wrath A., et al. Impact of Regulator Noise on Ultrasonic Flow Meters in Natural Gas. 25th International North Sea Flow Measurement Workshop, Energy Institute, Oslo, Norway, 2007, P. 206–224.

## References:

1. ISO 17089-1:2010. Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits – Ultrasonic Meters for Gas. Part 1. Meters for Custody Transfer and Allocation Measurement. 2010. 100 p.
2. National Standard (GOST) 8.611–2013. State System to Ensure Traceability. Gas Flow and Volume. The Measuring Technique using Ultrasonic Flow Transducers [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200104093> (access date – October 23, 2018). (In Russian)
3. Krajcin I., Uhrig M., Wrath A., et al. Impact of Regulator Noise on Ultrasonic Flow Meters in Natural Gas. 25th International North Sea Flow Measurement Workshop, Energy Institute, Oslo, Norway, 2007, P. 206–224.