

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального
директора по науке
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
канд. техн. наук



С.В. Нефедов

2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ 31323949-177-2016

по результатам квалификационных испытаний электродов с основным видом покрытия марок СЗСМ-01К, СЗСМ-02, СЗСМ-03 для ручной дуговой сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений газопроводов, в том числе газопроводов транспортирующих сероводородсодержащие среды

договор № 4101313538 от 01.09.2013

1 Наименование объекта квалификационных испытаний

Объектом испытаний являются:

- электроды с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø2,5; 3,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия), тип Э50А по ГОСТ 9467-75;
- электроды с основным видом покрытия марки СЗСМ-02 (Ø4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия), тип Э50А по ГОСТ 9467-75;
- электроды с основным видом покрытия марки СЗСМ-03 (Ø3,0; 4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия), тип Э60 по ГОСТ 9467-75.

2 Цель проведения квалификационных испытаний

Проверка соответствия геометрических параметров, сварочно-технологических свойств, механических свойств неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб, выполненных по технологии ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø2,5; 3,0 мм), СЗСМ-02

(Ø4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (г. Судиславль, Россия) требованиям СТП 05780913.25.9-2010.

Проверка соответствия геометрических параметров, сварочно-технологических свойств, механических свойств неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб, выполненных по технологии ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø2,5; 3,0 мм), СЗСМ-03 (Ø3,0; 4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (г. Судиславль, Россия) требованиям СТО Газпром 2-2.2-115-2007, СТО Газпром 2-2.2-136-2007, Инструкции по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа.

3 Место и время проведения квалификационных испытаний

Квалификационные испытания электродов с основным видом покрытия марок СЗСМ-01К (Ø2,5; 3,0 мм), СЗСМ-02 (Ø4,0 мм), СЗСМ-03 (Ø3,0; 4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия) проведены в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Московская область, Ленинский район, п. Развилка, Россия), в ООО «ГАЦ МР «НАКС» (г. Москва) в период с 01.02.2015 по 01.08.2016 г.

4 Сведения об организациях, представивших материалы на испытания, а также принимавших участие в квалификационных испытаниях

4.1 ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Московская область, Ленинский район, п. Развилка, Россия) головная экспертная организация ПАО «Газпром» – подготовка и согласование технологических карт на сборку и сварку контрольных сварных соединений труб, проведение испытаний к сопротивлению сульфидному коррозионному растрескиванию и водородному растрескиванию, подготовка заключения ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и проекта протокола совещания ПАО «Газпром» по рассмотрению результатов квалификационных испытаний электродов с основным видом покрытия.

4.2 ООО «ГАЦ МР «НАКС» (Россия, г. Москва) – подготовка, сборка, сварка, неразрушающий контроль (физическими методами, а также визуальный и измерительный контроль) качества сварных соединений (наплавки), определение механических свойств сварного соединения и наплавленного металла.

4.3 ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия, Костромская область, г. Судиславль) – производитель электродов с основным видом покрытия марок СЗСМ-01К, СЗСМ-02, СЗСМ-03.

5 Перечень материалов, предоставленных экспертной комиссии

5.1 Технические условия ТУ 1272-008-50133500-2008 «Электроды покрытые металлические марки СЗСМ-01К, СЗСМ-02 для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей».

5.2 Технические условия ТУ 1272-012-50133500-2009 «Электроды покрытые металлические марки СЗСМ-03 для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей».

5.3 Сертификаты качества на электроды с основным видом покрытия марок СЗСМ-01К (Ø2,5; 3,0 мм), СЗСМ-02 (Ø4,0 мм), СЗСМ-03 (Ø3,0; 4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия).

5.4 Сертификат качества на трубы:

- Ø 720x19,3 мм класса прочности K60 (сертификат № 25945 от 06.10.2010 г.);
- Ø 325x14,0 мм категории прочности X42SS (сертификат № 6145 от 03.05.2006 г.).

5.5 Операционные технологические карты сборки, сварки, наплавки.

5.6 Протоколы квалификации процедур сварки.

5.7 Заключения неразрушающего контроля качества (визуальный и измерительный, радиографический, ультразвуковой) контрольных сварных соединений.

5.8 Протоколы механических испытаний образцов контрольных сварных соединений.

5.9 Протокол по оценке металла контрольного сварного соединения из стали группы прочности X42SS к сопротивлению сульфидному коррозионному растрескиванию и водородному растрескиванию.

5.10 Свидетельство НАКС об аттестации сварочного оборудования в соответствии с требованиями РД 03-614-03.

5.11 Аттестационные удостоверения сварщиков.

6 Нормативные документы, в соответствии с которыми проводились квалификационные испытания

6.1 СТО Газпром 2-3.5-046-2006 «Порядок экспертизы технических условий на оборудование и материалы, аттестации технологий и оценки готовности организации к выполнению работ по диагностике и ремонту объектов транспорта газа ОАО «Газпром».

6.2 СТО Газпром 2-2.2-115-2007 «Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа».

6.3 СТО Газпром 2-2.2-136-2007 «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. Часть I».

6.4 Инструкция по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа.

6.5 СТО Газпром 2-2.4-083-2006 «Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов».

6.6 СТП 05780913.25.9-2010 «Инструкция по технологиям сварки и неразрушающим методам контроля качества сварных соединений трубопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды».

6.7 ГОСТ 2.114-95 Единая система конструкторской документации. Технические условия.

6.8 ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение.

6.9 ГОСТ 2999-75 Металлы и сплавы. Метод измерения твёрдости по Виккерсу.

6.10 ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

6.11 ГОСТ 9454-78 Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенной температурах.

6.12 ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки.

6.13 ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы.

7 Результаты квалификационных испытаний

7.1 При квалификационных испытаниях электродов с основным видом покрытия марок СЗСМ-01К, СЗСМ-02, СЗСМ-03 выполнена сварка неповоротных кольцевых стыковых соединений (КСС) труб:

- Ø325x14,0 мм класса прочности Х42SS (КСС №1);
- Ø325x14,0 мм класса прочности Х42SS (КСС №2);
- Ø720x19,3 мм класса прочности К60 (КСС №3);
- Ø720x19,3 мм класса прочности К60 (КСС №4);

7.2 Сварка КСС №1 выполнена по технологии ручной дуговой сварки корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø2,5 мм) и ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø3,0 мм).

Геометрические параметры КСС №1 приведены на рисунке 1.

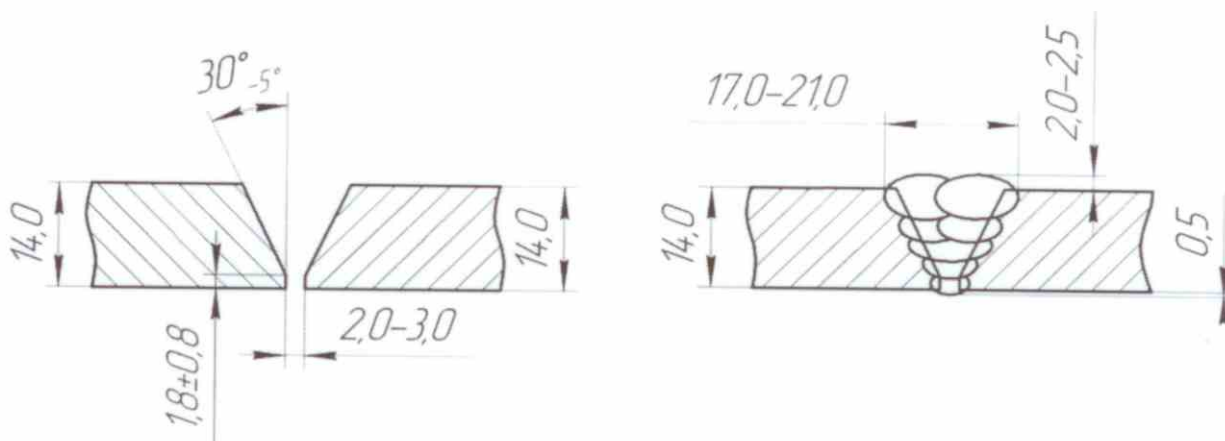


Рисунок 1 – Геометрические параметры сборки и сварного шва

7.3 Сварка КСС №2 выполнена по технологии ручной дуговой сварки корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø3,0 мм) и ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-02 (Ø4,0 мм).

Геометрические параметры КСС №2 приведены на рисунке 2.

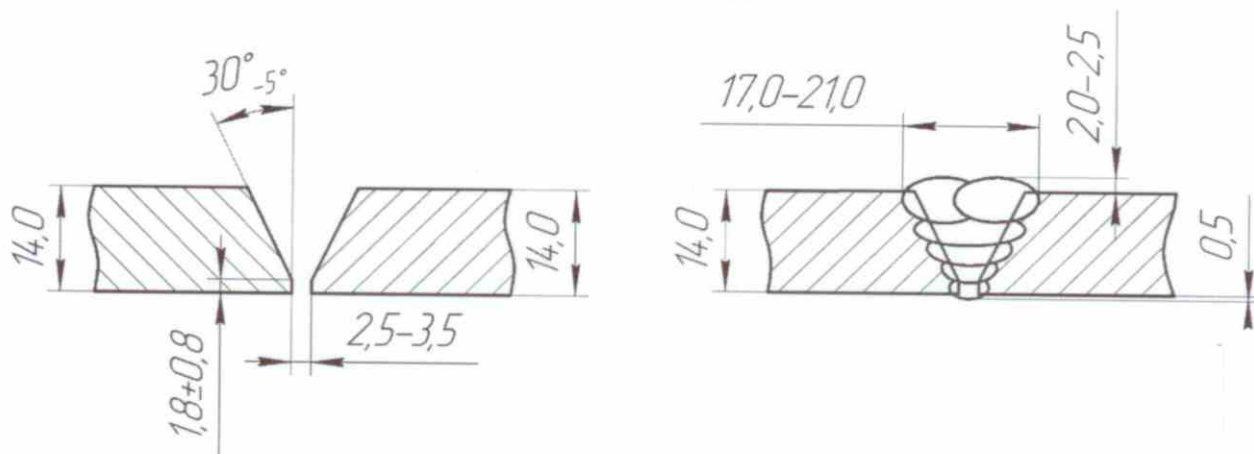


Рисунок 2 – Геометрические параметры сборки и сварного шва

7.4 Сварка КСС №3 выполнена по технологии ручной дуговой сварки корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø2,5 мм) и ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-03 (Ø3,0 мм).

Геометрические параметры КСС №3 приведены на рисунке 3.

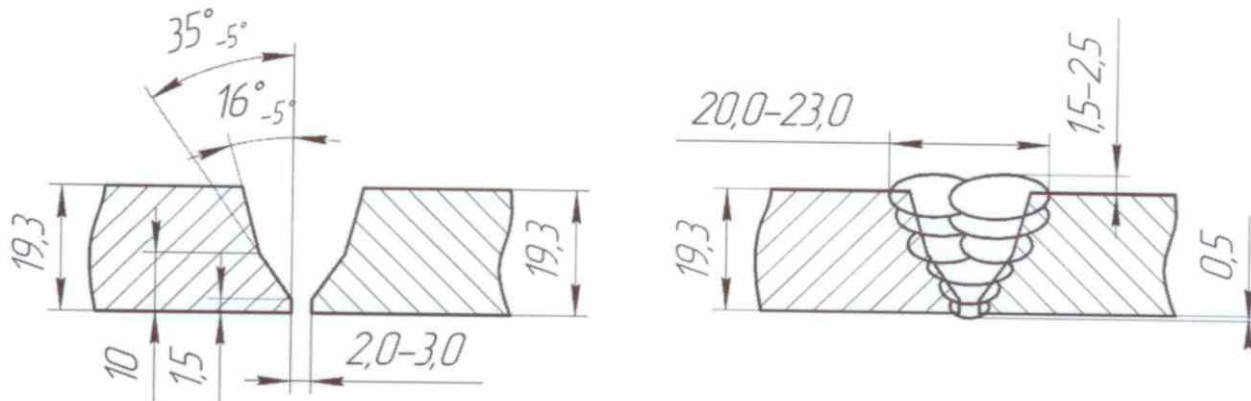


Рисунок 3 – Геометрические параметры сборки и сварного шва

7.5 Сварка КСС №4 выполнена по технологии ручной дуговой сварки корневого слоя шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К ($\varnothing 3,0$ мм) и ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва электродами с основным видом покрытия марки СЗСМ-03 ($\varnothing 4,0$ мм).

Геометрические параметры КСС №4 приведены на рисунке 4.

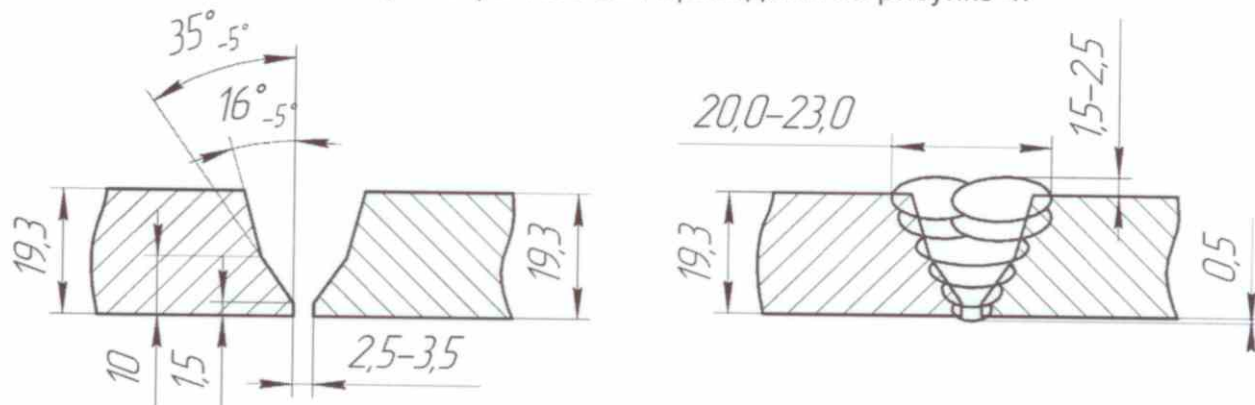


Рисунок 4 – Геометрические параметры сборки и сварного шва

7.6 По результатам неразрушающего контроля качества физическими методами КСС № 1, 2 соответствуют требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006.

Результаты неразрушающего контроля качества приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Результаты неразрушающего контроля качества КСС

№ КСС	ВИК	РК	УЗК
1	№ 1-ВИК от 15.04.2015	№ 1-РК от 15.04.2015	№ 1-УЗК от 15.04.2015
2	№ 2-ВИК от 15.04.2015	№ 2-РК от 15.04.2015	№ 2-УЗК от 15.04.2015
-	ДНО	ДНО	ДНО
Соответствует требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006			

7.7 По результатам неразрушающего контроля качества физическими методами КСС № 3, 4 соответствуют требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006, Инструкции по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа.

Результаты неразрушающего контроля качества приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты неразрушающего контроля качества КСС

№ КСС	ВИК	РК	УЗК
3	№ 3-ВИК от 15.04.2015	№ 3-РК от 16.04.2015	№ 3-УЗК от 16.04.2015
4	№ 4-ВИК от 15.04.2015	№ 4-РК от 16.04.2015	№ 4-УЗК от 16.04.2015
-	ДНО	ДНО	ДНО
Соответствует требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006, Инструкция по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа			

7.8 После получения положительных результатов неразрушающего контроля проведена термическая обработка (ТО) КСС № 1 и 2 по режиму:

- температура нагрева 600 – 620° С;
- скорость нагрева 200° С/ч;
- время выдержки - 60 минут;
- скорость контролируемого охлаждения 200° С/ч до температуры 300° С, далее охлаждение на воздухе.

7.9 После ТО проведен повторный ультразвуковой контроль качества КСС № 1, 2. По результатам повторного ультразвукового контроля качества КСС №1, 2 соответствуют требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006.

Результаты неразрушающего контроля качества приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты повторного ультразвукового контроля качества КСС

№ КСС	УЗК
1	№ 1-УЗК от 30.04.2015
2	№ 2-УЗК от 30.04.2015
-	ДНО
Соответствует требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006	

7.10 Результаты механических испытаний КСС №1 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты механических испытаний КСС №1

Временное сопротивлен ие разрыву, МПа	Угол изгиба сварного соединения, °	Твердость, HV ₁₀ , макс. значение						Ударная вязкость, Дж/см ² при температуре испытаний минус 40 С°			
		Верхних слоев			Нижних слоев			Центр МШ		Центр ЛС	
		МШ	ЗТВ	ОМ	МШ	ЗТВ	ОМ				
		ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.						
529	120	235	212	168	228	205	167	50	76,3	69	94,3
527								94		119	
532								85		95	
530											
Нормативные требования СТП 05780913.25.9-2010											
≥413	120	не более 240						ср. значение 49,0; мин. значение для одного образца 39,2			
Примечание: МШ – металл шва; ЗТВ – зона термического влияния; ОМ – основной металл; ЛС – линия сплавления.											

7.11 Результаты механических испытаний КСС №2 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты механических испытаний КСС №2

Временное сопротивлен ие разрыву, МПа	Угол изгиба сварного соединения, °	Твердость, HV ₁₀ , макс. значение						Ударная вязкость, Дж/см ² при температуре испытаний минус 40 С°			
		Верхних слоев			Нижних слоев			Центр МШ		Центр ЛС	
		МШ	ЗТВ	ОМ	МШ	ЗТВ	ОМ				
553	120	218	186	172	217	179	170	50	79,3	64	69,6
541								103		74	
548								85		71	
552											
Нормативные требования СТП 05780913.25.9-2010											
≥413	120	не более 240						ср. значение 49,0; мин. значение для одного образца 39,2			
Примечание: МШ – металл шва; ЗТВ – зона термического влияния; ОМ – основной металл; ЛС – линия сплавления.											

7.12 Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 1 против водородного растрескивания типа расслоения по NACE TM 0284-2003 соответствуют требованиям нормативных документов ПАО «Газпром». Результаты испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты испытаний стойкости образцов КСС №1 против водородного растрескивания типа расслоения по NACE TM 0284-2003

Материал	Показатели трещин					
	CLR			CTR		
	сечение			сечение		
	ОМ	МШ	ОМ	ОМ	МШ	ОМ
КСС №1	→0	→0	→0	→0	→0	→0
	→0	→0	→0	→0	→0	→0
	→0	→0	→0	→0	→0	→0
Примечание: МШ – металл шва; ОМ – основной металл.						

7.13 Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 1 к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением по NACE TM 0177-2005 соответствуют требованиям нормативных документов ПАО «Газпром». Результаты испытаний приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 1 к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением по NACE TM 0177-2005

Материал	№ образца	Диаметр рабочей части образца, мм	Нагрузка на захватах, кН	Время до разрушения, час.	pH после испытания
КСС (темплет 1)	1	6,37	76,9	720	3,78
	2	6,19	72,7	720	3,7
	3	6,31	75,5	720	3,7
	4	6,21	73,2	720	3,71
	5	6,36	76,7	339	3,79
Примечание: Время до разрушения трех образцов должно быть не менее 720 часов.					

7.14 Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 2 против водородного растрескивания типа расслоения по NACE TM 0284-2003 соответствуют требованиям нормативных документов ПАО «Газпром». Результаты испытаний приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты испытаний стойкости образцов КСС №2 против водородного растрескивания типа расслоения по NACE TM 0284-2003

Материал	Показатели трещин					
	CLR			CTR		
	сечение			сечение		
	ОМ	МШ	ОМ	ОМ	МШ	ОМ
КСС №2	→0	→0	→0	→0	→0	→0
	→0	→0	→0	→0	→0	→0
	→0	→0	→0	→0	→0	→0

Примечание: МШ – металл шва; ОМ – основной металл.

7.15 Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 2 к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением по NACE TM 0177-2005 соответствуют требованиям нормативных документов ПАО «Газпром». Результаты испытаний приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты испытаний стойкости образцов КСС № 2 к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением по NACE TM 0177-2005

Материал	№ образца	Диаметр рабочей части образца, мм	Нагрузка на захватах, кН	Время до разрушения, час.	pH после испытания
КСС (темплет 2)	6	6,29	75,0	720	3,69
	7	6,40	77,7	720	3,72
	8	6,35	76,4	720	3,52
	9	6,33	76,0	238	3,54
	10	6,33	76,0	720	3,67

Примечание: Время до разрушения трех образцов должно быть не менее 720 часов.

7.16 Результаты механических испытаний КСС №3 приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты механических испытаний КСС №3

Временное сопротивл ение разрыву, МПа	Угол изгиба сварного соединения, °	Твердость, HV ₁₀ , макс. значение						Ударная вязкость, Дж/см ² при температуре испытаний минус 40 С°											
		Верхних слоев			Нижних слоев			Верхние слои МШ		Нижние слои МШ		Верхние слои ЛС		Нижние слои ЛС		Верхние слои ЛС+2		Нижние слои ЛС+2	
		МШ	ЗТВ	ОМ	МШ	ЗТВ	ОМ	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.
595	120	276	233	201	255	234	209	85	81	50	50,3	112	117, 3	105	86	226	235,6	241	251,6
627								92		61		134		93		235		263	
624								66		40		106		60		246		251	
612																			
Нормативные требования: Инструкция по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением среды до 11,8 МПа, СТО Газпром 2-2.2-136-2007, СТО Газпром 2-2.2-115-2007																			
≥590	120	не более 280						ср. значение 50; мин. значение для одного образца 37,5											
Примечание: МШ – металл шва; ЗТВ – зона термического влияния; ОМ – основной металл; ЛС – линия сплавления.																			

Примечание: МШ – металл шва; ЗТВ – зона термического влияния; ОМ – основной металл; ЛС – линия сплавления.

7.17 Результаты механических испытаний КСС №4 приведены в таблице 11.

Т а б л и ц а 11 – Результаты механических испытаний КСС №4

Временное сопротивл ение разрыву, МПа	Угол изгиба сварного соединения, °	Твердость, HV ₁₀ , макс. значение						Ударная вязкость, Дж/см ² при температуре испытаний минус 40 С°											
		Верхних слоев			Нижних слоев			Верхние слои МШ		Нижние слои МШ		Верхние слои ЛС		Нижние слои ЛС		Верхние слои ЛС+2		Нижние слои ЛС+2	
								ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.
		МШ	ЗТВ	ОМ	МШ	ЗТВ	ОМ	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.	ед. зн.	ср. зн.
615	120	252	236	199	241	240	208	89	89	61	68	139	154, 3	134	117	263	266,3	295	287,6
611								75		78		158		130		255		301	
612								103		66		166		88		281		267	
613																			
Нормативные требования: Инструкция по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением среды до 11,8 МПа, СТО Газпром 2-2.2-136-2007, СТО Газпром 2-2.2-115-2007																			
≥590	120	не более 280						ср. значение 50; мин. значение для одного образца 37,5											
Примечание: МШ – металл шва; ЗТВ – зона термического влияния; ОМ – основной металл; ЛС – линия сплавления.																			

8 Выводы

8.1 Геометрические параметры и сплошность КСС по результатам визуального и измерительного, рентгенографического, ультразвукового контроля качества соответствуют требованиям СТО Газпром 2-2.4-083-2006, СТО Газпром 2-2.2-136-2007, СТО Газпром 2-2.2-115-2007, Инструкции по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением до 11,8 МПа, СТП 05780913.25.9-2010.

8.2 Значения механических свойств контрольных сварных соединений, полученные при квалификационных испытаниях соответствуют требованиям СТО Газпром 2-2.2-136-2007, СТО Газпром 2-2.2-115-2007, Инструкции по сварке МГ Бованенково-Ухта с рабочим давлением среды до 11,8 МПа, СТП 05780913.25.9-2010.

8.3 Значения стойкости сварных соединений против водородного растрескивания типа расслоения по NACE TM 0284 и стойкости против сероводородного растрескивания под напряжением по NACE TM 0177 соответствуют требованиям СТП 05780913.25.9-2010.

8.4 Электроды с основным видом покрытия марки СЗСМ-01К (Ø 2,5; 3,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия) соответствуют техническим требованиям нормативных документов ПАО «Газпром» и могут быть применены:

- для ручной дуговой сварки всех слоев шва при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промысловых и магистральных газопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды, из труб категорий прочности до X52SS включительно;

- для ручной дуговой сварки корневого слоя шва при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промысловых и магистральных газопроводов из труб класса прочности свыше K54 до K60 включительно с рабочим давлением до 11,8 МПа включительно.

8.5 Электроды с основным видом покрытия марки СЗСМ-02 (Ø4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия) соответствуют техническим требованиям нормативных документов ПАО «Газпром» и могут быть применены для ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промысловых и магистральных газопроводов, транспортирующих сероводородсодержащие среды, из труб категорий прочности до X52SS включительно.

8.6 Электроды с основным видом покрытия марок СЗСМ-03 (Ø3,0; 4,0 мм) производства ООО «Судиславский завод сварочных материалов» (Россия) соответствуют техническим требованиям нормативных документов ПАО «Газпром» и могут быть применены для ручной дуговой сварки заполняющих и облицовочного слоев шва при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промысловых и магистральных газопроводов из труб класса прочности свыше K54 до K60 включительно с рабочим давлением до 11,8 МПа включительно.

Руководитель экспертной группы:

Заместитель Директора Центра развития
трубной продукции и технологий сварки

Члены экспертной группы:

Заместитель начальника Лаборатории сварки
и контроля

Заведующий сектором Лаборатории сварки и
контроля

Старший научный сотрудник Лаборатории
сварки и контроля

Техник 1 категории Лаборатории сварки и
контроля

Начальник Лаборатории стандартизации



М.В. Симаков



Д.А. Копылов



Р.О. Рамусь



С.В. Овечкин



А.В. Петличенко



Д.В. Куракин