

**УТВЕРЖДАЮ**

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



С.В. Нефедов

2017 г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

№ 31323949-025-2017

по результатам квалификационных испытаний технологий сварки кольцевых  
стыковых соединений для строительства МГ «Сила Сибири»

Договор № 4101617137 от 24.06.2016  
между ООО «Техноспецстрой» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

### **1. Наименование объекта квалификационных испытаний**

Объектом экспертизы является комбинированная технология:

- механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе  
корневого слоя шва и автоматической сварки порошковой проволокой в инертных  
газах и смесях заполняющих и облицовочного слоёв шва неповоротных кольцевых  
стыковых соединений труб (МП+АПИ).

### **2. Цель проведения квалификационных испытаний**

Определение оптимальных параметров свариваемых кромок, сборки,  
предварительного и сопутствующего подогрева, режимов механизированной и  
автоматической сварки соединений с целью обеспечения требуемых свойств  
сварных соединений.

Проверка соответствия качества и свойств сварных соединений, выполненных  
по технологиям сварки, приведенных в п. 1.1, «Техническим требованиям к сварке и  
неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве  
МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических  
разломов» (с Изменением №1).

Согласование операционных технологических карт сборки и сварки кольцевых  
стыковых соединений труб для строительства МГ «Сила Сибири».

### **3. Материалы, рассмотренные при проведении квалификационных испытаний технологий сварки**

3.1 Сертификат качества на трубу Ø1420×21,7 мм класса прочности K60 производства АО «ВМЗ».

3.2 Сертификаты качества на сварочные материалы.

3.3 Свидетельства НАКС на сварочные материалы.

3.4 Свидетельства НАКС на сварочное оборудование.

3.5 Заключение неразрушающего контроля качества сварных соединений.

3.6 Процедура вырезки темплетов для механических испытаний образцов контрольных сварных соединений.

3.7 Протоколы механических испытаний.

### **4. Сведения об организациях, участвующих в квалификационных испытаниях технологий сварки**

ООО «Газпром ВНИИГАЗ» - головная экспертная организация ПАО «Газпром» по квалификации технологий сварки и неразрушающего контроля, разработчик «Технических требований к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов».

ООО «Техноспецстрой» - подрядная организация по строительству МГ «Сила Сибири».

ООО «Энтест-НК» - независимая аккредитованная лаборатория механических испытаний образцов контрольных сварных соединений.

ООО «НИИЦ СТНК «Спектр» - независимая аккредитованная лаборатория механических испытаний образцов контрольных сварных соединений.

### **5. Нормативные документы, в соответствии с которыми проводилась техническая экспертиза**

5.1 «Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1).

5.2 РД 03-613-03 Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов.

5.3 РД 03-614-03 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов

5.4 РД 03-615-03 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для



опасных производственных объектов.

5.5 РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

5.6 ПБ 03-273-99 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

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

5.8 ГОСТ 2999-75 Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу.

## 6. Результаты квалификационных испытаний

6.1 Сварка контрольных сварных соединений (КСС) при квалификационных испытаниях технологии сварки выполнена на производственной базе ООО «Техноспецстрой» (Амурская область, г. Сковородино) сварщиками и на оборудовании ООО «Техноспецстрой».

6.2 Сварка КСС труб  $\varnothing 1420 \times 21,7$  мм класса прочности K60 выполнена с применением технологий:

а) механизированная сварка проволокой сплошного сечения марки Super Arc L-56  $\varnothing 1,14$  мм в углекислом газе корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с применением источников сварочного тока марки Invertec STT-II, механизма подачи проволоки марки LF-37 и автоматическая сварка порошковой проволокой марки ОК Tubrod 15.19  $\varnothing 1,2$  мм в среде инертных газов и смесях (80% Ar+20%CO<sub>2</sub>) горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоёв шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с применением источников сварочного тока марки Invertec V350-Pro, сварочных головок марки M-300C (с выполнением при необходимости ручной дуговой сварки подварочного слоя шва электродами марки ОК 53.70  $\varnothing 3,2$  мм) (МП+АПИ);

б) механизированная сварка проволокой сплошного сечения марки Super Arc L-56  $\varnothing 1,14$  мм в углекислом газе корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с применением источников сварочного тока марки Invertec STT-II, механизма подачи проволоки марки LF-37 и автоматическая сварка порошковой проволокой марки Tri-Mark TM-101  $\varnothing 1,2$  мм в среде инертных газов и смесях (80% Ar+20%CO<sub>2</sub>) горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоёв шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с применением источников сварочного тока марки Idealarc DC-400, сварочных головок марки M-300C (с выполнением при необходимости ручной дуговой сварки подварочного слоя шва электродами марки ОК 53.70  $\varnothing 3,2$  мм) (МП+АПИ).

6.3 Для сварки КСС применены проектные трубы  $\varnothing 1420 \times 21,7$  мм класса прочности K60 плавки 1657228 производства компании АО «ВМЗ». Химический состав, углеродные эквиваленты труб  $C_{iiv}$  и  $C_{pcm}$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав, углеродные эквиваленты труб  $C_{iiv}$  и  $C_{pcm}$  при квалификационных испытаниях технологий сварки

№ плавки	Типо-размер труб, мм	Химический состав, %											$C_{iiv}$	$C_{pcm}$
		C x100	Mn x100	Si x100	P x1000	S x1000	Cr x100	Ni x100	Cu x100	Ti x1000	N x1000			
1657228	1420×21,7	8,5	164,2	29,4	5	1,7	1,9	1	2,5	23	3,7	0,39	0,18	

6.4 Квалификационные испытания технологий сварки выполнены путем сварки КСС с применением сварочных материалов:

- проволока сплошного сечения марки Super Arc L-56 Ø 1,14 мм типа ER70S-6 по AWS A5.18 производства компании The Lincoln Electric Company (США) для механизированной сварки в углекислом газе корневого слоя шва;

- порошковая проволока марки OK Tubrod 15.19 Ø 1,2 мм типа E81T1-Ni1M по AWS A 5.29 производства компании E SAB Sp.z.o.o ( Польша) для автоматической сварки в среде инертных газов и смесях горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоёв шва;

- порошковая проволока марки Tri-Mark TM-101 Ø 1,2 мм типа E101T1-GM по AWS A5.29 производства компании Hobart Brothers (США) для автоматической сварки в среде инертных газов и смесях горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоёв шва;

- электроды с основным видом покрытия марки ОК 53.70 Ø 3,2 мм типа Э50А по ГОСТ 9467 производства компании ESAB Perstorp AB (Швеция) для выполнения подварочного слоя шва ручной дуговой сваркой;

- защитный газ (100%CO<sub>2</sub>) для механизированной сварки корневого слоя шва;

- смесь защитных газов (80%Ar+20%CO<sub>2</sub>) для автоматической сварки горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоёв шва.

6.5 Квалификационные испытания технологий сварки выполнены путем сварки КСС с применением сварочного оборудования:

- источники сварочного тока марки Invertec STT-II производства компании The Lincoln Electric Company (США) для механизированной сварки в углекислом газе корневого слоя шва;

- механизм подачи проволоки марки LF-37 производства компании The Lincoln Electric Company (США) для механизированной сварки в углекислом газе корневого слоя шва;

- источники сварочного тока марки Invertec V350-Pro производства компании The Lincoln Electric Company (США) для автоматической сварки порошковой проволокой в среде инертных газов и смесях горячего прохода, з аполняющих и облицовочного слоев шва;

- источники сварочного тока марки Idealarc DC -400 производства компании The Lincoln Electric Company (США) для автоматической сварки порошковой проволокой в среде инертных газов и смесях горячего прохода, з аполняющих и облицовочного слоев шва;

- сварочные головки марки M-300С производства компании The Lincoln Electric Company (США) для автоматической сварки порошковой проволокой в среде инертных газов и смесях горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев шва.

Сборка КСС труб, выполненных по технологиям п.6.2 а), б), осуществлялась на наружном звенном центраторе.

Предварительный подогрев КСС выполнялся установкой индукционного нагрева.

Геометрические параметры и сплошность КСС, выполненных при квалификационных испытаниях технологий сварки, по результатам визуального и измерительного, рентгенографического, механизированного ультразвукового контроля качества сварных соединений соответствует «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1).

6.6 Механические свойства КСС, выполненных при квалификационных испытаниях технологий сварки, по результатам испытаний на статическое растяжение сварного соединения, статический изгиб, ударный изгиб, измерение твердости, соответствуют «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1) и представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Результаты испытаний КСС на статическое растяжение, статический изгиб, ударный изгиб

Технологии сварки согласно п. 6.2.	Результаты механических испытаний					
	Временное сопротивление разрыву, МПа	Угол изгиба (на ребро), °	Ударная вязкость по Шарпи при температуре испытаний минус 40 °С (KCV <sup>40</sup> ), Дж/см <sup>2</sup>			
			МШ		ЛС	
			верх	низ	верх	низ
требования согласно НД п. 5.1	не менее 590	120	ср. значение не менее 50, ед. значение не менее 37,5			
а)	598 – 613	120	82 - 84	95 - 98	101 - 109	110 - 120
б)	638 – 640	120	75 - 94	50 - 59	78 - 117	113 - 245

Примечание – Принятые обозначения: НД – нормативный документ, МШ – металл шва, ЛС – линия сплавления, СС – сварное соединение.

Таблица 3 – Результаты испытаний КСС на измерение твердости

Технологии сварки согласно п. 6.2.	Твердость HV <sub>10</sub>					
	Верхние слои шва			Нижние слои шва		
	МШ	ЗТВ	ОМ	МШ	ЗТВ	ОМ
требования согласно НД п. 5.1	не более 300	не более 325	-	не более 300	не более 325	-
а)	210 - 229	212 - 242	194 - 204	151 - 155	178 - 192	200 - 214
б)	231 - 264	215 - 245	228 - 236	192 - 194	189 - 211	224 - 228

Примечание – Принятые обозначения: НД – нормативный документ, МШ – металл шва, ЗТВ – зона термического влияния, ОМ – основной металл

### 7. Область распространения результатов квалификационных испытаний технологий сварки

Область применения результатов квалификационных испытаний технологий сварки устанавливается согласно «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1), при этом результаты квалификационных испытаний технологий сварки распространяются на сварку для соответствующего способа:

- труб, СДТ, ТПА типоразмеров, приведенных в таблице 4;
- сварочными материалами, приведенными в таблице 5;
- сварочным оборудованием, приведенным в таблице 6;
- с параметрами режимов сварки, приведенными в операционных технологических картах сборки и сварки, согласованных с ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Таблица 4 – Область применения результатов квалификационных испытаний технологий сварки по техническим характеристикам свариваемых труб

Технологии и сварки согласно п. 6.2	Наименование свариваемых элементов	Класс прочности	Типоразмеры труб,	
			Диаметр, мм	Толщина стенки, мм
а), б)	Труба +труба	св. К54 до К60 вкл.	от 710 до 1420 вкл	от 10,9 до 27,1 вкл
	Труба +СДТ, СДТ +СДТ	св. К54 до К60 вкл.	от 710 до 1420 вкл	от 10,9 до 27,1 вкл
	Труба +ТПА	св. К54 до К60 вкл.	от 710 до 1420 вкл	от 10,9 до 27,1 вкл

Таблица 5 – Область применения результатов квалификационных испытаний технологий сварки по сварочным материалам

Технологии сварки согласно п. 6.2	Марка сварочных материалов	Диаметр, мм	Слой шва	Классификация	Производитель
а)	Super Arc L-56	1,14	К	ER70S-6 по AWS A5.18	The Lincoln Electric Company (США)
	защитный газ (100%CO <sub>2</sub> )	-	К	ISO 14175-C1-C	-
	OK Tubrod 15.19	1,2	ГП, 3, О	E81T1-Ni1M по AWS A5.29	ESAB Sp.z.o.o (Польша)
	смесь защитных газов 80%Ar+20%CO <sub>2</sub> (82%Ar+18%CO <sub>2</sub> ; 85%Ar+15%CO <sub>2</sub> )	-	ГП, 3, О	ISO 14175-M21-ArC	-
	OK 53.70 *	3,2	П	Э50А по ГОСТ 9467	ESAB Perstorp AB (Швеция)
б)	Super Arc L-56	1,14	К	ER70S-6 по AWS A5.18	The Lincoln Electric Company (США)
	защитный газ (100%CO <sub>2</sub> )	-	К	ISO 14175-C1-C	-
	Tri-Mark TM-101	1,2	ГП, 3, О	E101T1-GM по AWS A5.29	Hobart Brothers (США)
	смесь защитных газов 80%Ar+20%CO <sub>2</sub> (82%Ar+18%CO <sub>2</sub> ; 85%Ar+15%CO <sub>2</sub> )	-	ГП, 3, О	ISO 14175-M21-ArC	-
	OK 53.70 *	3,2	П	Э50А по ГОСТ 9467	ESAB Perstorp AB (Швеция)

Примечание – Принятые обозначения: К – корневой слой шва, ГП – горячий проход, 3 – заполняющие слои шва, О – облицовочный слой шва, П – подварочный слой шва

\* - Применяется для ручной дуговой сварки подварочного слоя шва при необходимости

Таблица 6 - Область применения результатов квалификационных испытаний технологий сварки по сварочному оборудованию

Технологии сварки согласно п. 6.2	Сварочное оборудование	Слой шва	Производитель
а)	Invertec STT-II	К	The Lincoln Electric Company (США)
	LF-37		
	Invertec V350-Pro	ГП, З, О	
	M-300C		
	сварочное оборудование, входящее в реестр ПАО «Газпром» для способа сварки РД *	П	
б)	Invertec STT-II	К	The Lincoln Electric Company (США)
	LF-37		
	Idealarc DC-400	ГП, З, О	
	M-300C		
	сварочное оборудование, входящее в реестр ПАО «Газпром» для способа сварки РД *	П	
Примечание – Принятые обозначения: К – корневой слой шва, ГП – горячий проход, З – заполняющие слои шва, О – облицовочный слой шва, П – подварочный слой шва.			
* - Применяется для ручной дуговой сварки подварочного слоя шва при необходимости			



## **8. Выводы**

8.1 ООО «Газпром ВНИИГАЗ» подтверждает соответствие материалов, приведенных в разделе 3 (сертификаты на трубы, сварочные материалы, заключения неразрушающего контроля качества, протоколы механических испытаний), представленных на экспертизу и полученных при выполнении квалификационных испытаний технологии сварки «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1).

8.2 По результатам квалификационных испытаний технологий сварки кольцевых стыковых соединений труб согласно «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1):

- геометрические параметры и сплошность КСС по результатам визуального и измерительного, радиографического, ультразвукового контроля соответствуют «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1);

- механические свойства КСС по результатам испытаний на статическое растяжение сварного соединения, статический изгиб, ударный изгиб, измерение твердости соответствуют «Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1) в части требований к сварным соединениям, выполненным вне участков пересечения активных тектонических разломов, а также вне участков прокладки в многолетнемерзлых грунтах в районах с сейсмичностью свыше 8 баллов включительно по шкале MSK-64.

8.3 ООО «Газпром ВНИИГАЗ» считает возможным применить указанные в п.6.2. технологии сварки для строительства МГ «Сила Сибири» вне участков пересечения активных тектонических разломов, а также вне участков прокладки в многолетнемерзлых грунтах в районах с сейсмичностью свыше 8 баллов включительно по шкале MSK-64.

## **9. Рекомендации**

9.1 До начала строительства МГ «Сила Сибири» по технологиям, приведенным в п.6.2, должна быть выполнена аттестация сварщиков и специалистов сварочного производства, производственная аттестация технологий

сварки согласно руководящим и методическим документам Национального Агентства Контроля Сварки (НАКС) и оформлены в установленном порядке аттестационные удостоверения с регистрацией их в Реестре НАКС, допускные листы сварщиков, свидетельства НАКС на соответствие требованиям «Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов» (с Изменением №1).


9.2 До начала строительства должны быть разработаны и согласованы в установленном порядке с заказчиком строительства и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» операционные технологические карты сборки и сварки соединений труб, СДТ, ТПА для строительства МГ «Сила Сибири».

Заместитель директора Центра развития  
трубной продукции и технологий сварки



М.В. Симаков

Заместитель начальника лаборатории  
сварки и контроля



Д.А. Копылов

Ведущий инженер лаборатории сварки и  
контроля



О.А. Занкевич

Техник 1 категории лаборатории сварки и  
контроля



А.В. Петличенко

Начальник лаборатории стандартизации



Д.В. Куракин