

Общество с ограниченной ответственностью  
«НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА»  
(ООО «НИПИСтройТЭК»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель Генерального директора  
ООО «НИПИСтройТЭК»

по научной работе

Н.Г. Блехерова

декабря 2014 г.



**Технический отчет  
о результатах квалификационных испытаний  
MSCAN- SUPOR - установки механизированного  
ультразвукового контроля качества кольцевых сварных  
соединений магистральных газопроводов ОАО «Газпром»**

договор № 70/2014-У от 16 июля 2014 г  
между ООО «НИПИСтройТЭК» и УП «Белгазпромдиагностика»

Москва 2014

## Оглавление

Введение .....	3
1   Общие положения .....	3
2   Объем выполненных испытаний.....	4
3   Результаты квалификационных испытаний.....	5
4   Выводы по результатам квалификационных испытаний .....	6
Приложение А (информационное). Параметры разделок контрольных сварных соединений при испытаниях установок неразрушающего контроля.	
Параметры дефектов КСС, выявленных методом радиационной томографии .....	8
Приложение Б (обязательное). Критерии успешного прохождения испытаний установками УЗК.....	11
Приложение В (обязательное). Результаты выполнения тестов установкой MSCAN-SUPOR .....	12
Приложение Г (обязательное). Значения абсолютных погрешностей измерения условных параметров дефектов установкой MSCAN-SUPOR .....	13
Приложение Д (обязательное). Результаты сравнения точности измерения параметров дефектов томографическим и металлографическим методами.....	19

## Введение

Технический отчет содержит результаты испытаний установки механизированного ультразвукового контроля MSCAN-SUPOR, проведенных в соответствии с Программой квалификационных испытаний средств неразрушающего контроля и проверки методик проведения контроля качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов на соответствие требованиям нормативных документов ОАО «Газпром».

Программа испытаний разработана на основании решений совещания по вопросам организации выполнения неразрушающего контроля качества сварных соединений магистральных газопроводов (Протокол № 03/13/3/10-1 от 18.03.2014 г.).

Квалификационные испытания средств (систем) неразрушающего контроля качества кольцевых сварных соединений (далее – установок контроля, установок НК) проведены для:

- проверки технических характеристик установок контроля;
- определения области применения установок контроля;
- установления соответствия технических характеристик установок требованиям нормативно-технической документации ОАО «Газпром»;
- информирования подрядных строительных организаций о средствах контроля, области их применения.

## 1 Общие положения

1.1. Технический отчет (далее – Отчет) подготовлен по результатам квалификационных испытаний установки механизированного ультразвукового контроля MSCAN-SUPOR (далее установка или установка МУЗК), изготовленной и представленной на испытания торгово-производственным частным унитарным предприятием «Белгазпромдиагностика» (УП «Белгазпромдиагностика»).

1.2. Отчет содержит:

- оценку чувствительности аппаратуры контроля к температуре сварного шва;
- оценку повторяемости результатов контроля;
- оценку работоспособности сигнализации потери акустического контакта;
- оценку абсолютных погрешностей измерения условной протяженности дефектов установкой НК;
- оценку выявляемости недопустимых дефектов.

1.3. Оценка абсолютных погрешностей измерения условных параметров дефектов и выявляемости дефектов контрольных сварных соединений (КСС) выполнена на основе

сравнения данных, полученных установкой НК при контроле КСС с результатами радиационной томографии КСС.

1.4. Квалификационные испытания проведены на КСС из труб класса прочности K60 (X 70), диаметром 1420 мм, с толщиной стенок 25,8 мм, применяемых при строительстве сухопутных участков магистральных газопроводов.

1.5. Пять стендов с КСС для пяти различных типов разделок подготовлены на объектах ОАО «Краснодаргазстрой» и ОАО «Ленгазспецстрой» в соответствии с Техническими требованиями к параметрам катушек и стендам с контрольными сварными соединениями для квалификационных испытаний установок НК. Каждый стенд содержал два КСС: одно сварное соединение с дефектами, вызванными нарушением режимов технологии сварки; второе – с закладными дефектами. На КСС нанесены имитаторы дефектов, выходящих на поверхность (непровары, несплавления, подрезы, трещины), введены внутренние допустимые и недопустимые дефекты в соответствии с классификацией, приведенной в таблице 2 СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Наименование сварочных процессов, параметры разделок сварных швов и дефектов КСС, выявленных радиационной томографией приведены в Приложении А.

1.6. Критерии успешного прохождения испытаний указаны в Приложении Б.

1.7. Результаты квалификационных испытаний распространяются на трубы классов прочности K54 -K65 , диаметрами DN (Ду) от 500 до 1400 мм, с толщиной стенки от 19,0 до 32,0 мм.

1.8. Квалификационные испытания проведены на базе «Опытного экспериментального центра ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (пос. Развилка) в период с 17.07.2014 по 31.10.2014 с участием специалистов ООО «НИПИСтройТЭК» (г. Москва).

## 2 Объем выполненных испытаний

2.1 Испытания установки НК проведены на КСС с закладными и искусственными внешними дефектами и на КСС с дефектами, полученными от нарушения технологии сварки. В ходе испытаний выполнено:

- тест на повторяемость результатов контроля;
- контроль КСС для оценки выявляемости дефектов и вычисления абсолютных погрешностей измерения условных параметров дефектов.

Примечание. Проверка качества акустического контакта для средств МУЗК оператором выполняется визуально в реальном времени по качеству сканов на экране дефектоскопа.

2.2 Контроль КСС выполнен в соответствии с методиками и операционно-

технологическими картами контроля, разработанными УП «Белгазпромдиагностика».

2.3 Оценка абсолютных ошибок измерения условных параметров дефектов КСС и выявляемости недопустимых дефектов выполнена на основе сравнения данных, полученных установками НК при контроле с результатами радиационной томографии КСС. Томографические исследования КСС проведены на установке GE v|tome|x m300 (производство компании GE Sensing & Inspection Technologies GmbH) в ООО «МНИИРИП» (г.Мытищи). Установка GE v|tome|x m300 внесена в Государственный реестр средств измерений. Точность измерений, выполненных томографической установкой, подтверждена данными металлографии. Металлографические исследования проведены ООО «НИПИСтройТЭК» в соответствии с методикой, приведенной в Приложении В Программы испытаний. Разница в значениях параметров дефектов, полученная при измерении томографическим и металлографическим методами, составляет  $103,6 \pm 47,6$  мкм при измерении глубины залегания, разница в измерении размеров несплошностей (высоты и протяженности) составляет  $-7,7 \pm 8,7$  мкм (см. Приложение Д). Полученные значения точности измерения удовлетворяют требованиям Программы испытаний к точности измерения параметров дефектов.

### 3 Результаты квалификационных испытаний

3.1 Настройка установки выполнена на стандартном образце предприятия Т25 в соответствии с требованиями документа 03.РД.122-2014 (Методика механизированного ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений сухопутных участков магистральных газопроводов ОАО «Газпром» с использованием установки MSCAN-SUPOR).

3.2 Методика настройки комплекса позволяет настраивать его как на СОП, так и на участке трубы, не содержащей дефектов. Метод прозвучивания сварного шва, используемый в MScan-Supor позволяет контролировать сварные соединения без привязки к параметрам разделки шва, т.е выполнять контроль ремонтных участков шва, и сварных швов с неизвестными параметрами разделки шва.

3.3 Все собранные данные, включая сканы, параметры настройки, данные по качеству акустического контакта, записываются в файл результатов контроля и позволяют воспроизвести ход контроля.

3.4 Весь объем шва и околовшовная область прозвучиваются с двух сторон за один

проход. Контроль выполняется TOFD - методом (два канала) и головными волнами, позволяющими прозвучивать подповерхностную зону контролируемого объекта. Акустические каналы TOFD реализованы на УЗ-преобразователях T10-3L+TFC70 (10МГц, угол ввода 70°) и T5-6L+TFB60 (5МГц, угол ввода 60°), канал прозвучивания головными волнами реализован на преобразователе TRL4-2020-70L (4МГц, угол ввода 70°).

3.5 По результатам выполнения теста на повторяемость установка соответствует требованиям Программы испытаний (см. Приложение В, Таблица В.1).

3.6 Проверка чувствительности аппаратуры контроля к температуре сварного шва не проводилась. В связи с этим методика работы с установкой должна включать требование того, что бы при настройке установки НК разница температур между СОП и сварным швов не превышала 15 °С.

3.7 Качество акустического контакта при работе контролируется оператором визуально по В-скану дефектоскопа. Все собранные данные, включая сканы, параметры настройки, данные по качеству акустического контакта, записываются в файл результатов контроля и позволяют воспроизвести ход контроля. При анализе данных индицируются участки, пройденные с превышением допустимой скорости сканирования, и пропущенные участки шва.

3.8 Время выполнения сканирования сварного шва 1420x25,8 составляет 7-10 минут. Время обработки и выдачи заключений по результатам контроля участка шва с 10-ю дефектами не превышает 10 минут, что соответствует требованиям Программы испытаний.

3.9 Значения абсолютных погрешностей оценки условных параметров дефектов приведены в таблице Г.1 (Приложение Г, Таблица Г.1). Значения погрешностей соответствуют требованиям Программы испытаний. На испытаниях выявлены все недопустимые дефекты для труб уровня качества А \*).

\*.) Примечание. Допустимость дефектов оценивалась по критериям, указанным в СТО Газпром 2-2.4-083-2006 и «Временным требованиям к организации сварочно-монтажных работ, применяемым технологиям сварки, неразрушающему контролю качества сварных соединений и оснащенности подрядных организаций при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте магистральных газопроводов ОАО «Газпром».

## 4 Выводы по результатам квалификационных испытаний

4.1 Технические характеристики установки механизированного ультразвукового контроля MSCAN-SUPOR производства УП «Белгазпромдиагностика» соответствуют требованиям Программы испытаний и техническим требованиям нормативных документов ОАО «Газпром» по неразрушающему контролю качества сварных соединений газопроводов.

4.2 По результатам испытаний установка механизированного ультразвукового

контроля MSCAN-SUPOR рекомендуется к применению для контроля кольцевых стыковых сварных соединений при строительстве и капитальном ремонте, контроле газопроводов, из труб диаметром от DN 500 до DN 1400, с толщиной стенки от 19 мм до 32 мм, выполненных следующими способами сварки:

- автоматической двухсторонней сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (ААДП, АПГ) в специальную разделку;
- автоматической односторонней сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов на медном подкладном кольце (ААДП, АПГ) в специальную разделку;
- автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов (АПИ) в специальную зауженную разделку кромок по корневому слою, выполненному АПГ;
- автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов (АПИ) в стандартную заводскую разделку кромок по корневому слою, выполненному механизированной сваркой (МП+АПИ);
- автоматической двухсторонней сваркой под флюсом

Заведующий лабораторией  
методов неразрушающего контроля  
ООО «НИПИСтройТЭК»



И.П. Литвинов

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
методов неразрушающего контроля  
ООО «НИПИСтройТЭК»



Д.В.Окунев

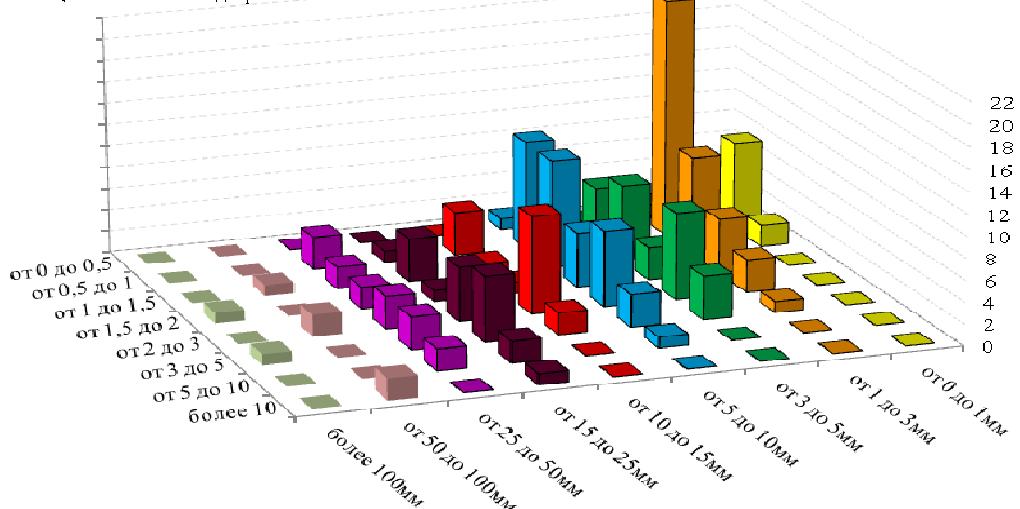
## Приложение А (информационное). Параметры разделок контрольных сварных соединений при испытаниях установок неразрушающего контроля. Параметры дефектов КСС, выявленных методом радиационной томографии

Таблица А.1 – Параметры разделок контрольных сварных соединений

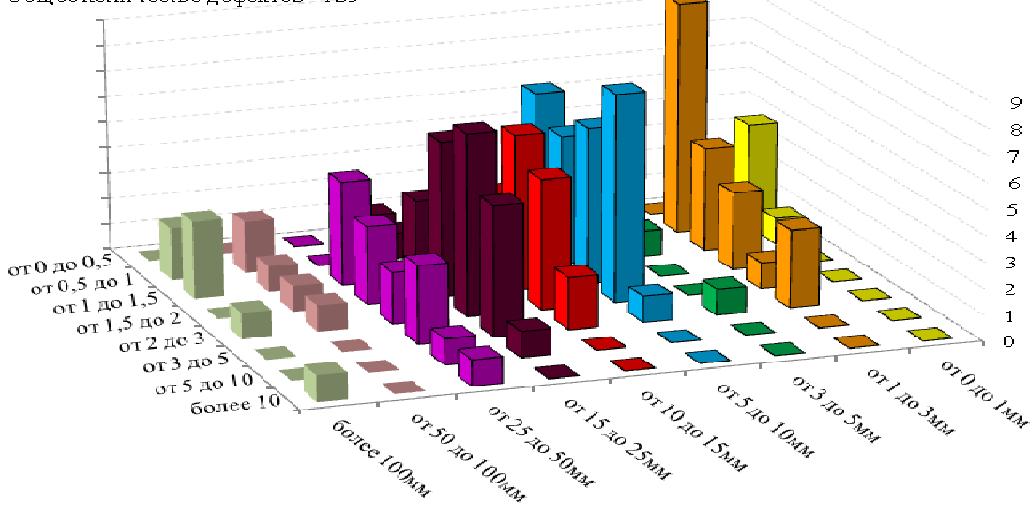
№ группы технологии *)	Форма и параметры разделки	Наименование технологии сварки, тип разделки (номер КСС)
1	<p> <math>\alpha = \text{от } 5^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>\beta = \text{от } 45^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>\gamma = 37,5^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>A = 2,3 \pm 0,2</math>  <math>B = 1,5 \pm 0,2 \text{ мм}</math>  <math>\Delta = 1,5 \pm 0,2 \text{ мм}</math> </p>	<p>Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (ААДП, АПГ) Разделка CRC AW (КСС4)</p>
2	<p> <math>C = 10^\circ \dots 8^\circ</math>  <math>D = 1,0 \pm 0,2 \text{ мм}</math>  <math>F = 2,2 \pm 0,2 \text{ мм}</math>  <math>R = 3,2 \pm 0,2 \text{ мм}</math>  <math>H_1 = 5,4 \text{ мм}</math>            Неуказанные предельные отклонения размеров: <math>\pm 0,3 \text{ мм}</math> </p>	<p>Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов на медном подкладном кольце (ААДП, АПГ) Разделка PWT (КСС1)</p>
3	<p> <math>\alpha = 15^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>R = 3,2 \pm 0,15 \text{ мм}</math>  <math>A = 1,7 \pm 0,15 \text{ мм}</math>  <math>B = 4,9 \pm 0,2 \text{ мм}</math> </p>	<p>Автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов АПИ в специальную зауженную разделку кромок по корневому слою, выполненному АПГ Разделка M400 (КСС2)</p>
4	<p> <math>B = 12,0 \text{ мм}</math>          Зазор: 2,5мм  <math>16^\circ - 5^\circ</math>  <math>35^\circ - 5^\circ</math> </p>	<p>Автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов (АПИ) в стандартную заводскую разделку кромок по корневому слою, выполненному МП Стандартная разделка (КСС3)</p>
5	<p> <math>\alpha = 25^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>\beta = 35^\circ \pm 1^\circ</math>  <math>b = 4,0 \pm 0,5 \text{ мм}</math>  <math>c = 8,0 \pm 1,0 \text{ мм}</math>          Зазор: 0÷0,5мм       </p>	<p>Автоматическая двухсторонняя сварка под флюсом (АФ) (КСС5)</p>

\*) номер группы технологий указан в соответствии с Таблицей 7.1 Программы квалификационных испытаний

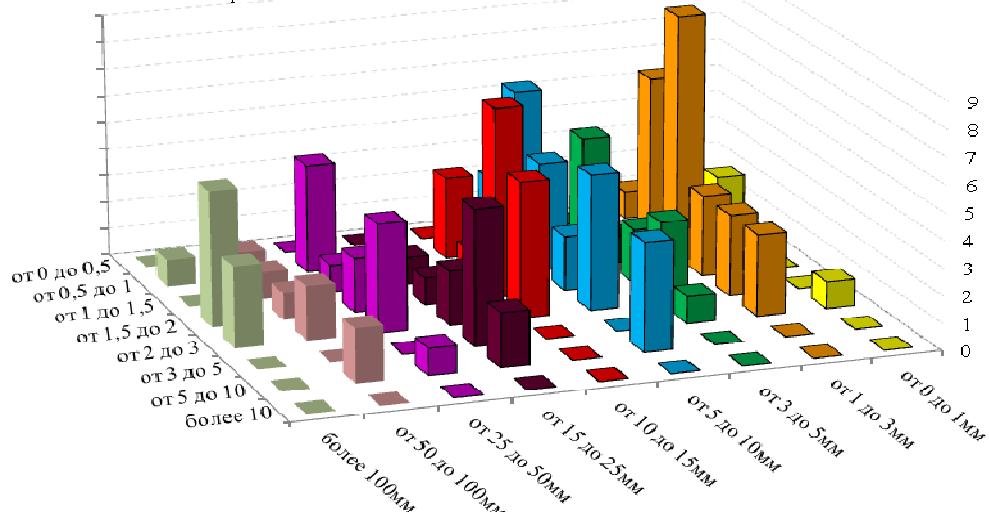
Результаты томографии КСС1.2.  
Распределение дефектов по высоте (от 0 до >10мм и выше) и протяженности (от 0 до > 100мм и более).  
Общее количество дефектов - 174



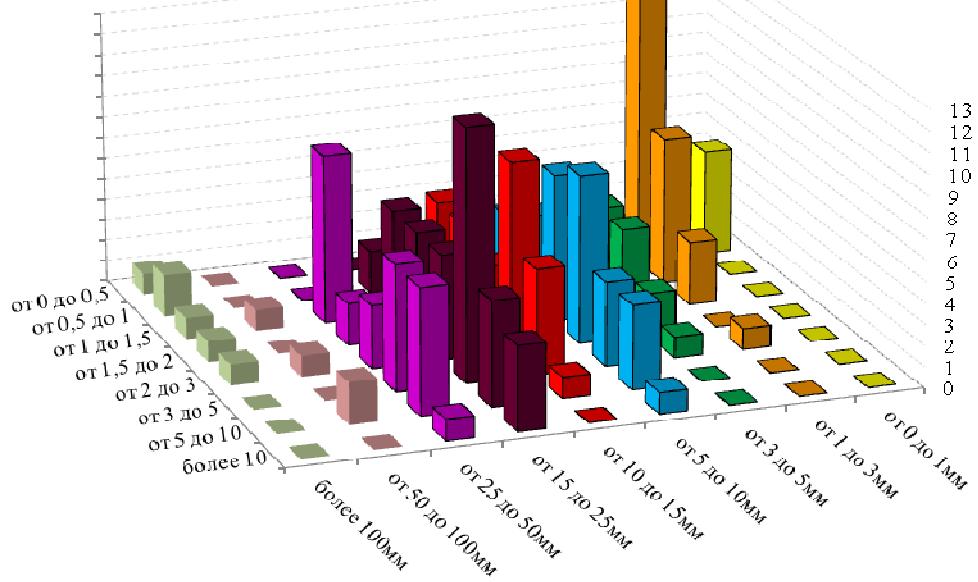
Результаты томографии КСС2.2.  
Распределение дефектов по высоте (от 0 до >100мм и выше) и протяженности (от 0 до >100мм и более)  
Общее количество дефектов - 125



Результаты томографии КССЗ. 2  
Распределение дефектов по высоте (от 0 до >10мм и выше) и протяженности (от 0 до >100мм и более)  
Общее количество дефектов - 118



Результаты томографии КСС4.2.  
Распределение дефектов по высоте (от 0 до >10мм и выше) и протяженности (от 0 до >100мм и более)  
Общее количество дефектов - 176



Результаты томографии КСС5.2.  
Распределение дефектов по высоте (от 0 до >10мм и выше) и протяженности (от 0 до >100мм и более)  
Общее количество дефектов - 50

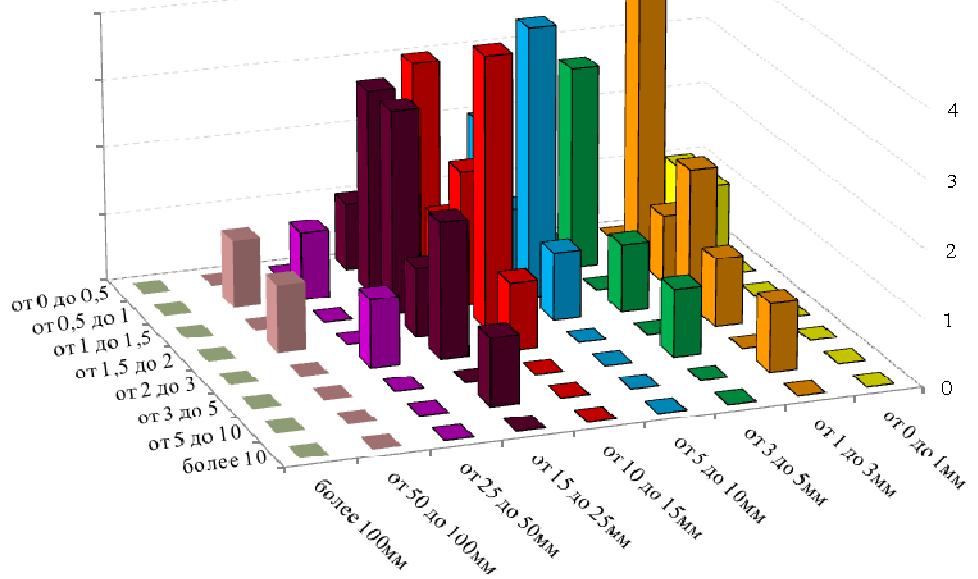


Рисунок А.1 – Распределение дефектов в КСС по высоте (от 0 до 10 мм) и протяженности (от 0 до 100 мм) согласно результатам радиационной томографии

## Приложение Б (обязательное). Критерии успешного прохождения испытаний установками УЗК

- 1 Критерием успешного прохождения квалификационных испытаний средствами МУЗК и АУЗК является:
  - обнаружение недопустимых дефектов, указанных в СТО Газпром 2-2.4-083-2006 и во «Временных требованиях...» для труб уровня качества А.
  - соответствие средств МУЗК и АУЗК техническим требованиям, изложенным во «Временных требованиях...».
- 2 При проведении анализа результатов контроля КСС средствами Заявителя дополнительно к оценке глубины залегания дефектов и протяженности должна оцениваться возможность определения высоты дефекта.
- 3 Испытания установок АУЗК на повторяемость результатов контроля считаются успешными, если в любых сканах на одинаковых объектах контроля разница в амплитудах сигналов от одних и тех же контрольных отражателей не превышает  $\pm 2$  дБ.
- 4 Испытания установок АУЗК на работоспособность сигнализации акустического контакта считаются успешными, если амплитуды сигналов, полученные при последнем, перед срабатыванием сигнализации сканировании отличаются от эталонного результата не более чем на 6 дБ.
- 5 Испытания установок АУЗК на влияние температуры на чувствительность контроля считаются успешными, если в любых сканах на одинаковых объектах контроля разница в амплитудах сигналов от одних и тех же контрольных отражателей не превышает  $\pm 2$  дБ.

**Примечание.** По согласованию с Исполнителями допускается не выполнять проверку влияния температуры сварного шва на чувствительность контроля. В этом случае в Заключении по результатам квалификационных испытаний, при определении области применения средств контроля указывается, что во время выполнения контроля разница температур калибровочного блока и сварного шва не должна превышать 15 °C.

- 6 Время выполнения цикла контроля сварного шва системами АУЗК не должно превышать 12 минут. Цикл контроля включает в себя время от установки системы контроля на шов до выдачи Заключения на любом участке шва длиной 300 мм.

## Приложение В (обязательное). Результаты выполнения тестов установкой MSCAN-SUPOR

Таблица В.1 – Проверка повторяемости результатов контроля на КСС 5.2

номер прохода по КСС	номер дефекта	Координата начала дефекта, мм	Протяженность Lm, мм	Глубина залегания, Hm, мм	Максимальная высота, hm, мм	Тип дефекта в соответствии с классификацией СТО Газпром 2-2.4-083-2008
1	1	506,9	11,4	3,1	3,7	Ac
	2	636,3	18,9	2,9	3,9	Ac
	3	703,5	18,5	4,1	1,6	Dcl
	4	3087,8	11,7	2,9	2,3	Dcl
	5	3845,5	25,6	9,5	0,5	Bd1
	6	4081,9	17,6	3,5	2,7	Dcl
2	1	507,4	12,1	3,1	3,9	Ac
	2	637,6	18,4	3,3	3,8	Ac
	3	706	19,8	3,5	1,9	Dcl
	4	3083,6	10,5	3,1	2,4	Dcl
	5	3846,7	26,1	9,4	0,9	Bd1
	6	4081,5	19,3	3,7	2,9	Dcl
3	1	515,8	11,3	3,3	3,5	Ac
	2	648,1	18,4	2,9	4,2	Ac
	3	712,7	18,9	3,9	1,5	Dcl
	4	3085,7	11,3	3,1	2,4	Dcl
	5	3848,4	23,9	9,3	0,9	Bd1
	6	4079	17,2	3,9	2,7	Dcl
Результаты ср.значение ± отклонение, мм	1		11,60±0,91	3,17±0,00	3,70±0,26	
	2		18,57±0,65	3,03±0,52	3,97±0,13	
	3		19,07±1,69	3,83±0,78	1,67±0,39	
	4		11,17±1,56	3,03±0,26	2,37±0,13	
	5		25,20±0,65	9,40±0,13	0,77±0,52	
	6		18,03±2,21	3,70±0,26	2,77±0,26	

Испытания пройдены успешно: погрешности определения параметров дефектов не превышает значений, указанных в Программе квалификационных испытаний – погрешность определения длины дефекта не превышает 3 мм, высоты – не превышает 1,5 мм.

**Приложение Г (обязательное). Значения абсолютных погрешностей измерения условных параметров дефектов установкой MSCAN-SUPOR**

Таблица Г.1 – Абсолютные погрешности измерения условных параметров дефектов установкой MSCAN-SUPOR для различных типов разделок сварного шва

Технология сварки (тип разделки)	абсолютные погрешности измерения условных параметров всех дефектов (0 mm < L ≤ 600 mm)			абсолютные погрешности измерения условных параметров непротяженых дефектов (0 mm < L ≤ 12 mm)			Номер КСС						
	ΔL, мм (протяже- нность)	ΔH, мм (глубина заглаживания)	Δh, мм (высота дефекта)	ΔL, мм (протяжен- ность)	ΔH, мм (глубина заглаживания)	Δh, мм (высота дефекта)							
Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов на медном подкладном кольце (ААДП, АПГ, разделка PWT)	0,1±1,9	67	-0,8±0,6	71	0,6±0,5	63	1,2±1,0	32	-0,7±0,9	32	0,5±0,4	32	1
Автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов АПИ в специальную зауженную разделку кромок по корневому слою, выполненному АПГ (разделка M400)	-0,5±1,9	63	0,6±1,4	67	0,4±0,3	64	0,1±1,1	25	1,1±1,8	25	0,6±0,4	24	2
Автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов (АПИ) в стандартную зауженную разделку кромок по корневому слою, заводскую разделку кромок по корневому слою, выполненному МП (Стандартная разделка)	-0,6±1,2	28	-0,3±0,7	28	-0,3±0,7	28	0,0±0,9	14	-0,1±0,9	14	0,3±0,4	14	3
Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (ААДП, АПГ, разделка CRC AW)	0,0±1,6	50	-0,1±0,5	45	0,3±0,4	45	0,0±1,6	15	0,3±1,0	13	0,3±0,5	15	4
Автоматическая двухсторонняя сварка под флюсом (АФ)	-0,4±2,2	11	-0,3±1,2	11	0,3±0,4	10	0,4±3,0	7	-0,3±2,2	6	1,1±1,1	6	5

**Примечания**

Расчет абсолютных погрешностей измерения условных параметров дефектов выполнен на доверительном интервале 0,95.

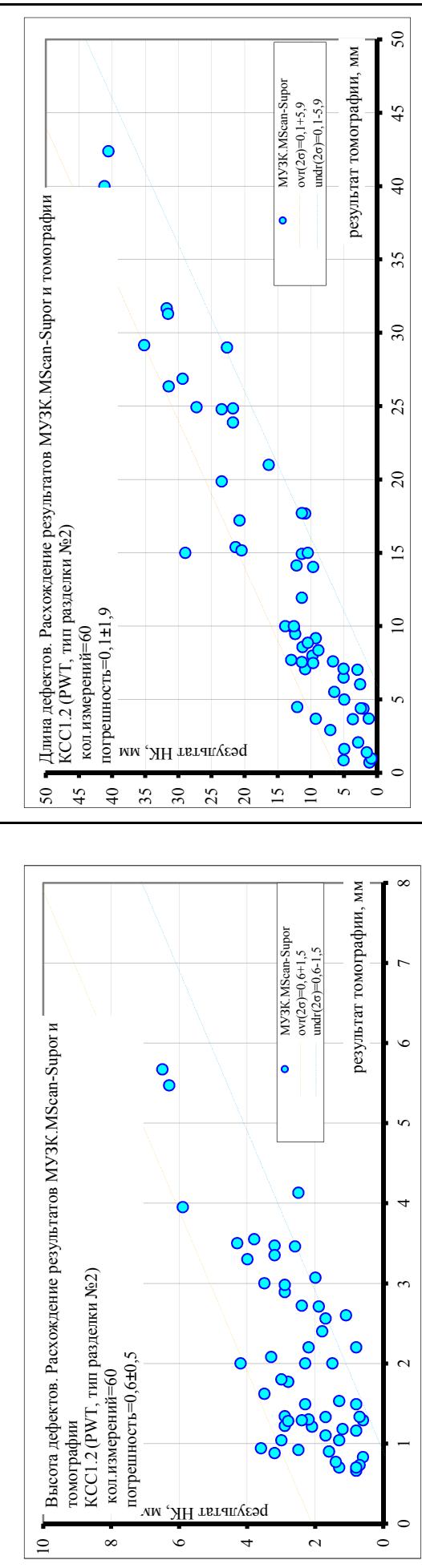
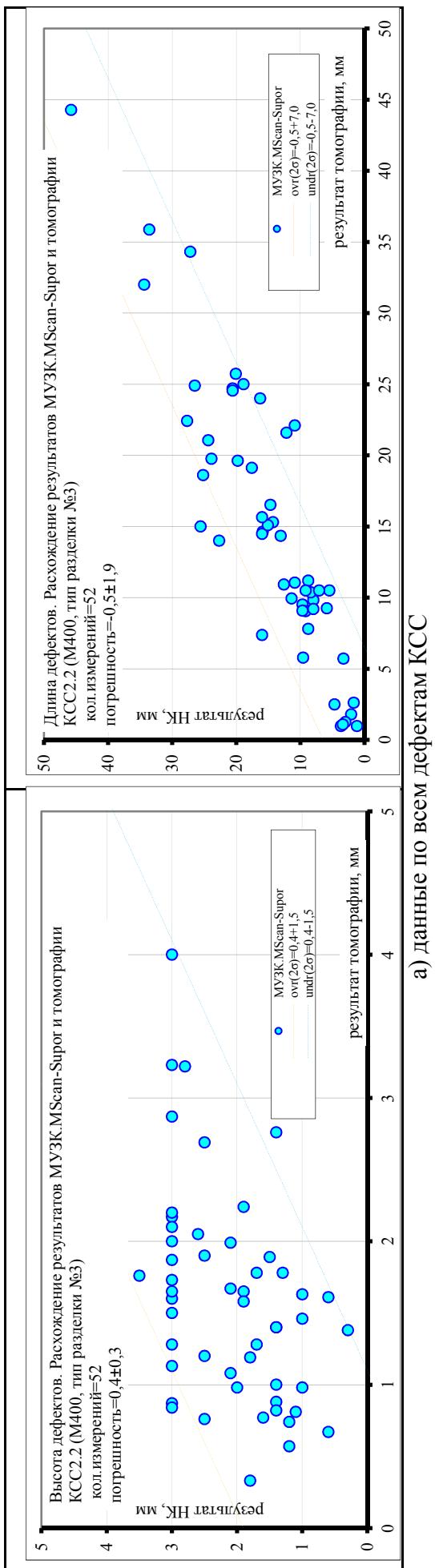
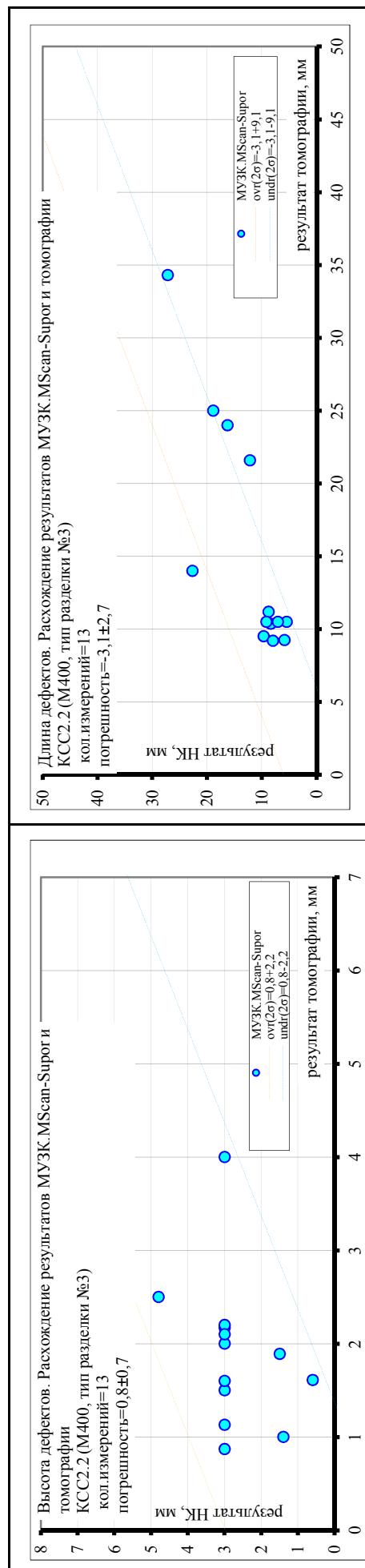


Рисунок Г.1 – Графики расхождения результатов измерения условных параметров дефектов с результатами томографии на шве, выполненным автоматической односторонней сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов на медном подкладном кольце (ААДП, АПГ, разделка PWT)



а) данные по всем дефектам KCC



б) данные по дефектам в приповерхностном слое на глубине от 0 до 4 мм

Рисунок Г.2 – Графики расхождения результатов измерения условных параметров дефектов с результатами томографии на шве, выполненным автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов АПИ в специальную зауженную разделку кромок по корневому слою, выполненному АПГ (разделка М400)

Примечание. Параметры части дефектов, находящихся на глубине от 0 до 4 мм измеряются по данным канала головной волны, при этом дать точное значение высоты дефекта невозможно, поэтому высота дефектов, обнаруженных этим каналом, считается равной 3 мм.

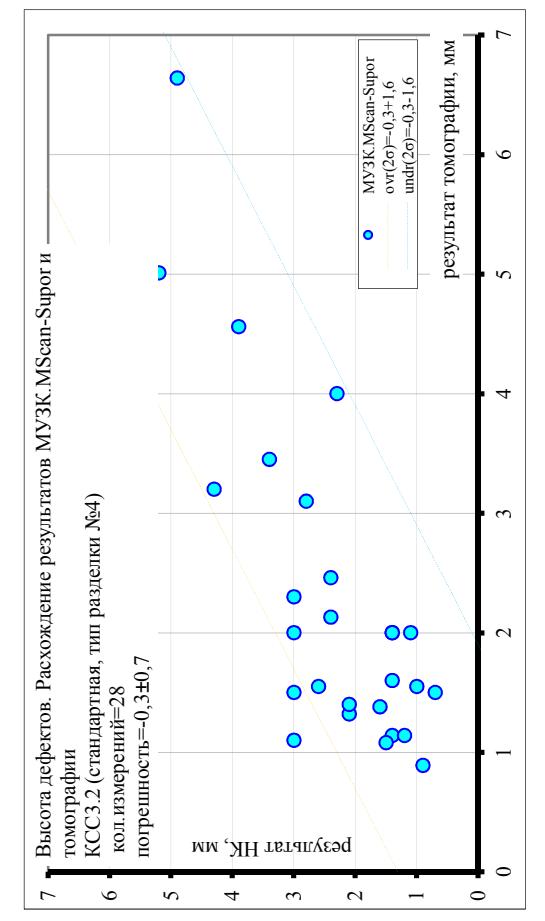


Рисунок Г.3 – Графики расхождения результатов измерения условных параметров дефектов с результатами томографии на шве, выполненном автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов (АПИ) в стандартную заводскую разделку кромок по корневому слою, выполненному МП (Стандартная разделка)

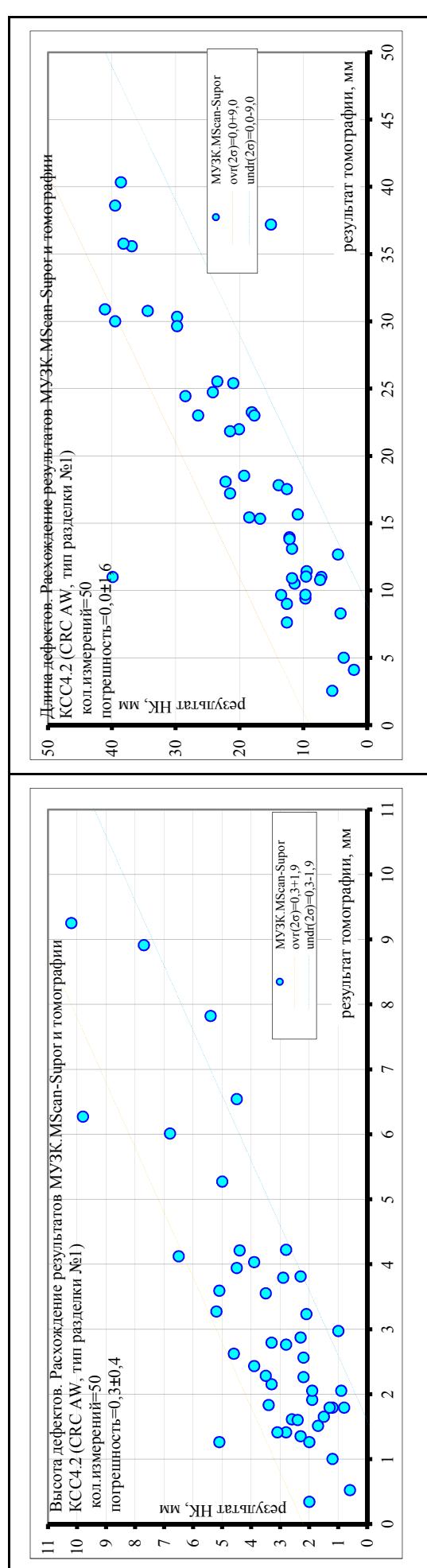
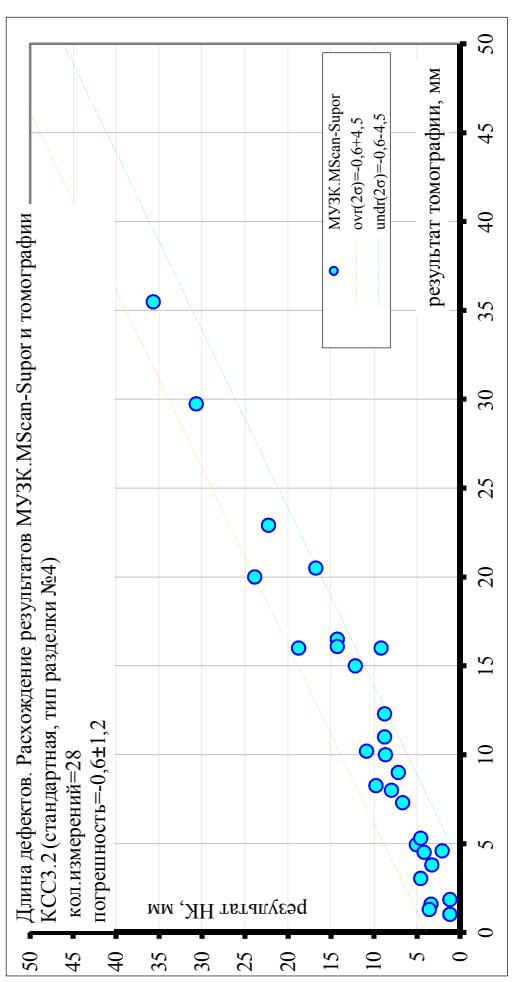


Рисунок Г.4 – Графики расхождения результатов измерения условных параметров дефектов с результатами томографии на шве, выполненном автоматической двухсторонней сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (АДП, АПГ, разделка CRC AW)

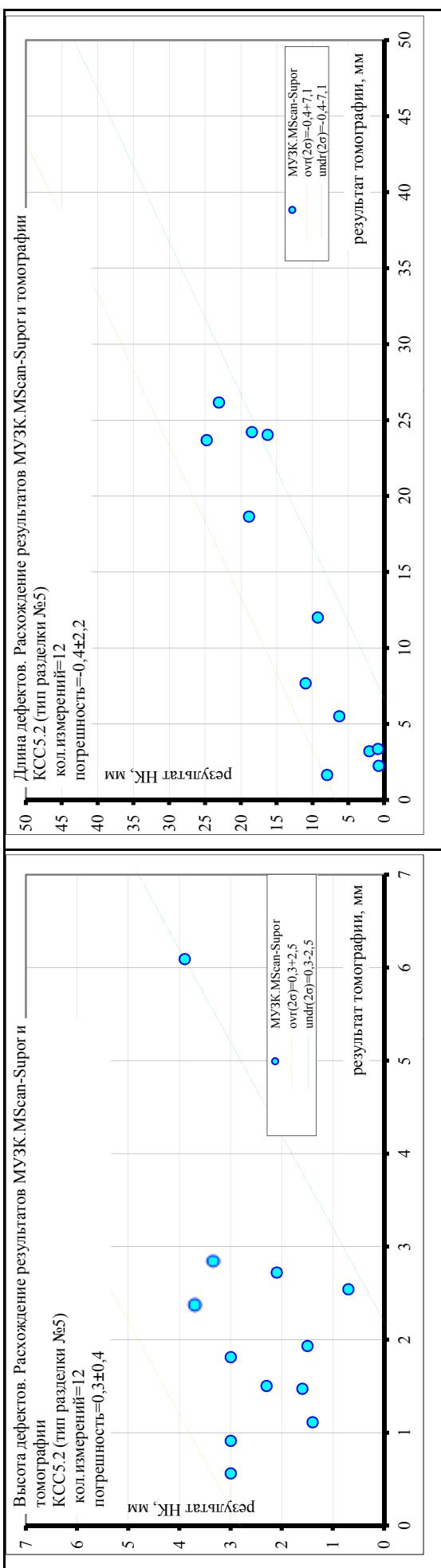


Рисунок Г.5 – Графики расхождения результатов измерения условных параметров дефектов с результатами томографии на шве, выполненным автоматической двухсторонней сваркой под флюсом (АФ)

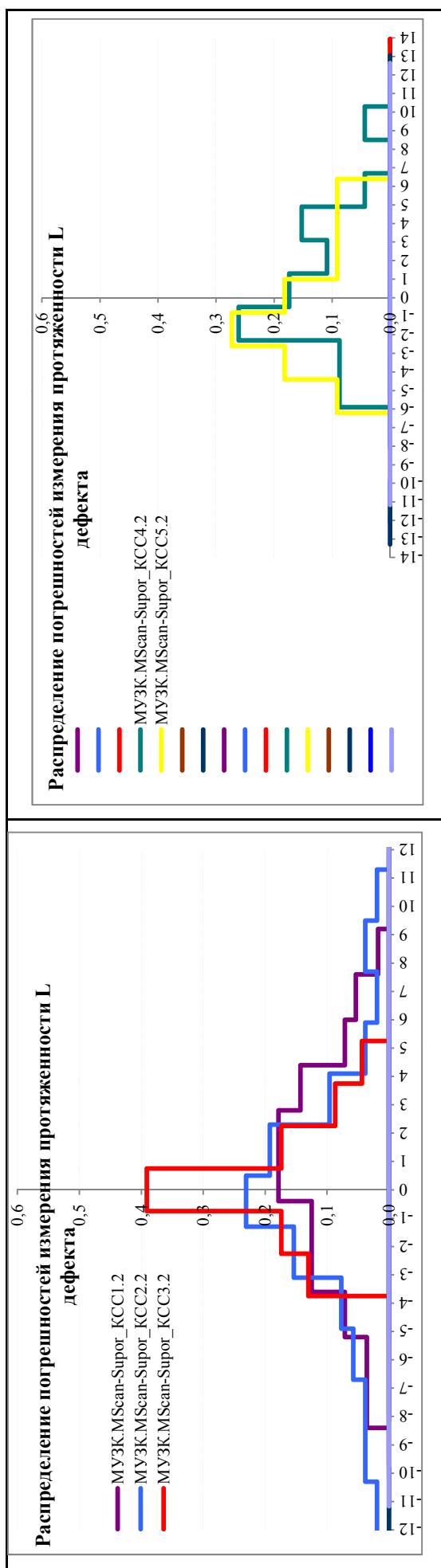


Рисунок Г.6 – Графики распределения ошибок измерения протяженности дефектов на КСС1, КСС2, КСС3, КСС4, КСС5

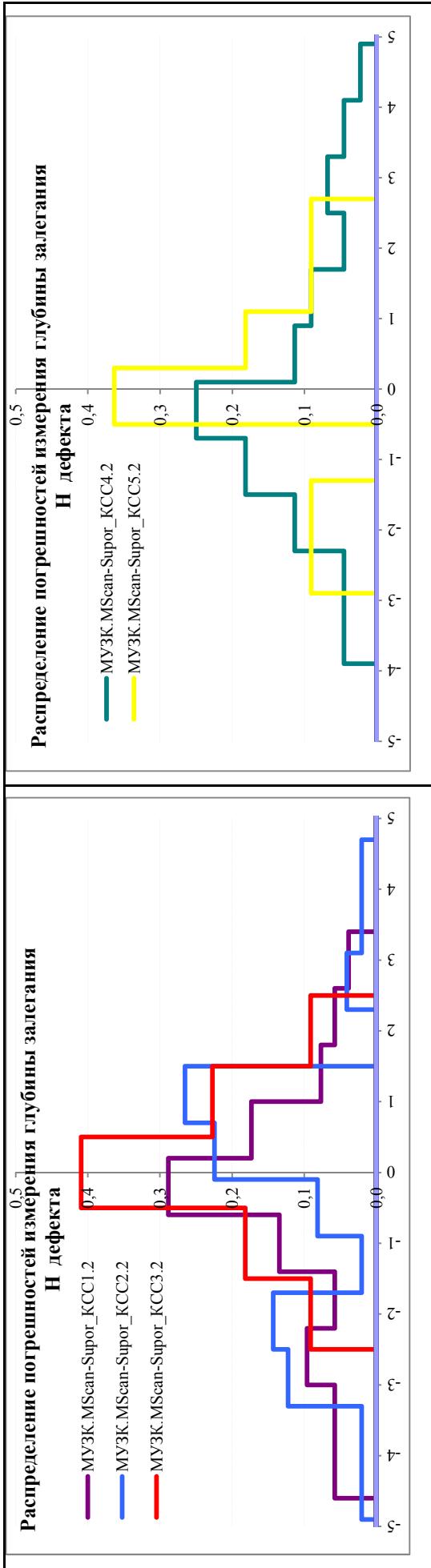


Рисунок Г.7 – Графики распределения ошибок измерения глубины залегания на KCC1, KCC2, KCC3, KCC6 (KCC4)

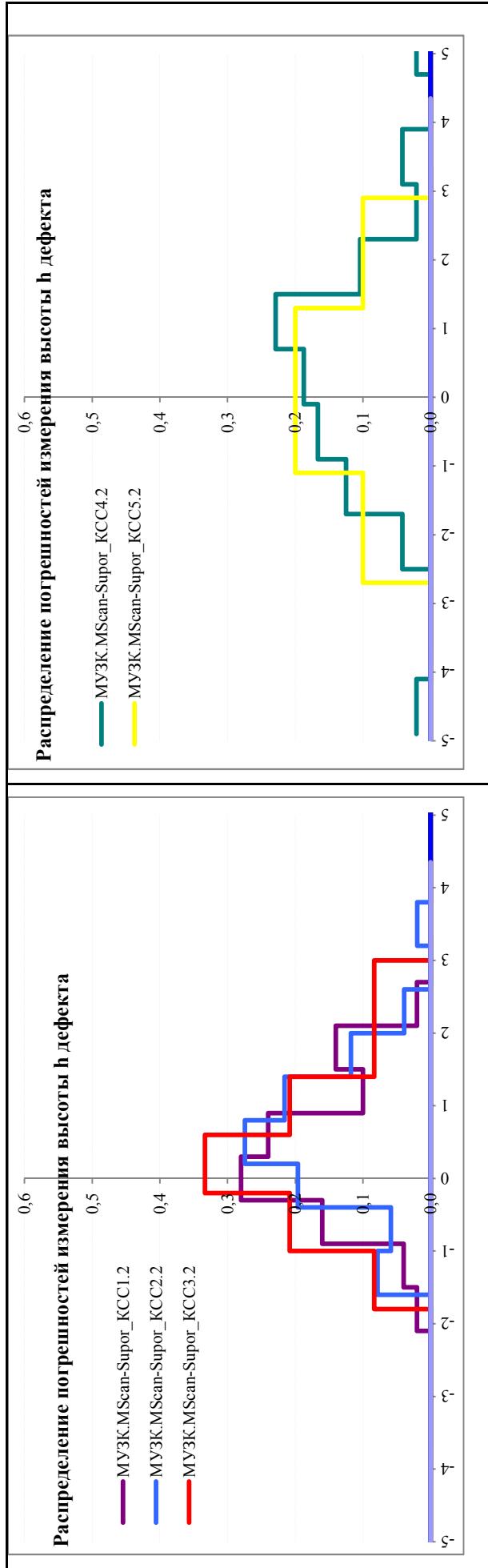


Рисунок Г.8 – Графики распределения ошибок измерения высоты дефектов на KCC1, KCC2, KCC3, KCC6 (KCC4)

## Приложение Д (обязательное). Результаты сравнения точности измерения параметров дефектов томографическим и металлографическим методами

### Д.1 Погрешности измерения параметров дефектов томографическим и металлографическим методами

Результат томографии				Результат металлографии				Разность измерения параметров дефектов		
№ образца	Глубина залегания дефекта (размер A, мм)	Размер В-Bт (мкм)	Размер С-Ст (мкм)	№ дефекта	Глубина залегания дефекта (размер Ат, мм)	Размер В-Bт (мкм)	Размер С-Ст (мкм)	$\Delta A = A - A_t$ , мкм	$\Delta B = B_t - B_t$ , мкм	$\Delta C = C_t - C_t$ , мкм
1	11,19	104	69	1_1.1	11,1	110	72,5	90	-6	-3,5
	11,91	30	73	1_1.2	11,1	33,6	57,4		-3,6	15,6
	1,54	2646	629	1_2	1,66	2640	620	-120	6	9
	9,55	120	103	1_3	9,4	113	91	150	7	12
	11,29	190	135	1_4	11,3	178	123	-10	12	12
	17,25	221	198	1_5	17,3	229	183	-50	-8	15
	1,3	870	433	2	1,108	891	449	192	-21	-16
3	7,6	593	301	3_1	7,374	597	319	226	-4	-18
	8,11	934	542	3_2	7,634	918	514		16	28
4	1,25	318	274	4_1	1,126	450	294	124	-132	-20
	1,41	641	446	4_2	1,469	640	467	-59	1	-21
	22,12	405	502	4_3	24,573	416	505		-11	-3
5	1,8	1648	588	5_1	1,893	1661	637	-93	-13	-49
	19,5	280	352	5_2	19,32	274	372	180	6	-20
6	4,91	1003	572	6_1	4,941	1103	583	-31	-100	-11
	7,52	412	274	6_2	7,412	415	280	108	-3	-6
	7,62	803	440	6_3	7,482	813	494	138	-10	-54
	24,1	1037	773	6_4	23,829	1091	791	271	-54	-18
7	11,1	223	291	7_1	10,948	226	291	152	-3	0
	13	271	224	7_2	12,874	277	233	126	-6	-9
	18,4	239	209	7_3	18,231	218	204	169	21	5
8	2,86	1748	587	8_1	2,875	1791	608	-15	-43	-21
	22,4	712	784	8_2	22,194	809	832	206	-97	-48
9	12,5	2110	588	9	12,498	2117	598	2	-7	-10
10	12	2122	509	10	11,941	2115	595	59	7	-86
11	12	1097	742	11	11,338	1104	588		-7	154
12	12,4	3897	577	12	12,262	3398	541	138	499	36
13	12,2	4539	1953	13	12,053	4098	1169	147	441	784
14	2,98	1941	636	14	2,972	1945	639	8	-4	-3
15	7,55	624	305	15_1	7,61	614	310	-60	10	-5
	8,67	85	218	15_2	8,21	76,6	211		8,4	7
	12,92	101	88	15_3	12,5	108	79,7		-7	8,3
	21,78	79	40	15_4.1	21,4	73,8		380	5,2	
	21,78	195	123	15_4.1	21,4	183	113	380	12	10
	6,79	1223	134	15_5	6,61	1200	138	180	23	-4
	8,1	945	534	15_6	7,98	938	543	120	7	-9

Наименование параметра:	Глубина залегания дефекта, мкм	Линейные размеры дефекта, мкм
оценка погрешности $\Delta$ , мкм	$103,6 \pm 47,6$	$-7,7 \pm 8,7$
максимальное значение отклонения, мкм	380	154
минимальное значение отклонения, мкм	-120	-132
кол. измерений,	30	68
Доверительный интервал	0,95	0,95

П р и м е ч а н и е . Погрешность измерения глубины залегания превышает погрешность измерения линейных размеров дефектов т.к. на нее влияет величина шероховатости (порядка Rz40) реперной, внешней поверхности темплета, относительно которой производится измерение. Кроме того, малая глубина резкости микроскопа затрудняет определение положение реперной поверхности.



## Д.2 Протокол измерения параметров дефектов сварного шва металлографическим методом

 <b>НИПИСтройТЭК</b>	<b>Испытательная лаборатория ООО «НИПИСтройТЭК»</b> Российская Федерация, 105005, г.Москва, набережная Академика Туполева, д.15, корп.17. Телефон: (499) 995-0492 Факс: (499) 995-0492 E-mail: <a href="mailto:mail@nipistroytek.ru">mail@nipistroytek.ru</a> Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22СТ19	
	Срок действия аттестата до 30.04.2018 года.	
<b>Протокол № 4187ВНГ/14-МГ от 05.12.2014 г.</b>		
<b>Измерение параметров дефектов сварного шва</b>		
<b>Наименование и адрес заказчика</b>		Работа выполнена в рамках Программы квалификационных испытаний средств неразрушающего контроля и проверки методик проведения контроля качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов на соответствие требованиям нормативных документов ОАО «Газпром»
<b>Объект исследований</b>		Шлифы кольцевого сварного шва 1420x25,8 мм
<b>Место и направление вырезки образца</b>		Металл шва, перпендикулярно продольной оси шва
<b>Кратность увеличения при выполнении анализа</b>		100Х – 500Х
<b>Модель прибора /программный комплекс</b>		Комплекс программно-аппаратный анализа микроструктуры поверхности твердых тел Thixomet® Pro Свид. о поверке №147410-487-241 (до 21.05.2015г.)

Шлиф №	Номер дефекта	Глубина залегания дефекта (размер Am, мм)	Размер В-В (мкм)	Размер С-С (мкм)	Шлиф №	Номер дефекта	Глубина залегания дефекта (размер Am, мм)	Размер В-В (мкм)	Размер С-С (мкм)
1	1_1.1	11,1	11,1	110	7	7_1	10,948	226	291
	1_1.2	11,1	11,1	33,6		7_2	12,874	277	233
	1_2	1,66	1,66	2640		7_3	18,231	218	204
	1_3	9,4	9,4	113	8	8_1	2,875	1791	608
	1_4	11,3	11,3	178		8_2	22,194	809	832
	1_5	17,3	17,3	229	9	9	12,498	2117	598
2	2	1,108	1,108	891	10	10	11,941	2115	595
3	3_1	7,374	7,374	597	11	11	11,338	1104	588
	3_2	7,634	7,634	918	12	12	12,262	3398	541
4	4_1	1,126	1,126	450	13	13	12,053	4098	1169
	4_2	1,469	1,469	640	14	14	2,972	1945	639
	4_3	24,573	24,573	416	15	15_1	7,61	614	310
5	5_1	1,893	1,893	1661		15_2	8,21	76,6	211
	5_2	19,32	19,32	274		15_3	12,5	108	79,7
6	6_1	4,941	4,941	1103		15_4.1	21,4	73,8	
	6_2	7,412	7,412	415		15_4.1	21,4	183	113
	6_3	7,482	7,482	813		15_5	6,61	1200	138
	6_4	23,829	23,829	1091		15_6	7,98	938	543

## Примеры измерения параметров дефектов на шлифах

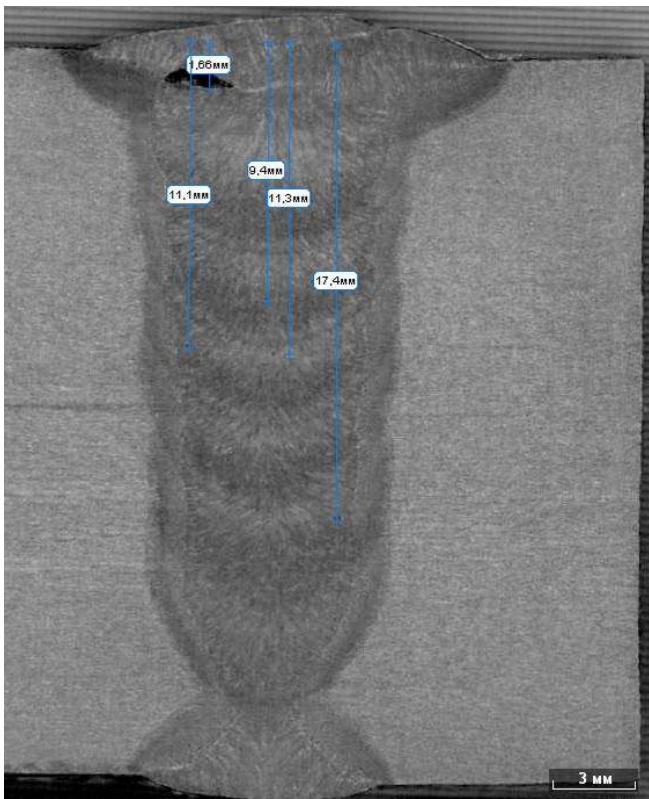
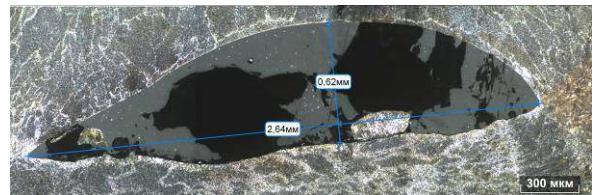


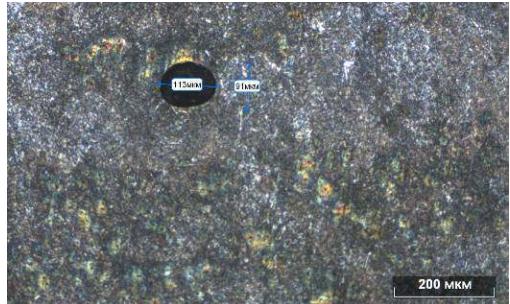
Рисунок 2 – Измерение глубины залегания дефектов на шлифе №1. Увеличение х100



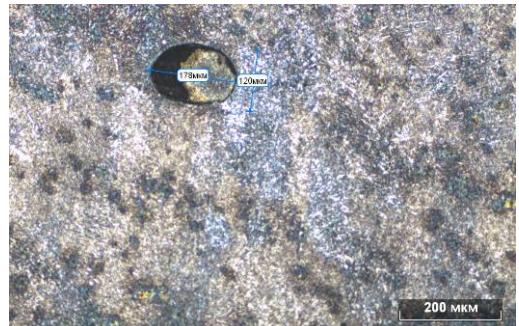
а) параметры дефектов 1\_1.1 и 1\_1.2 на глубине 11,1 мм



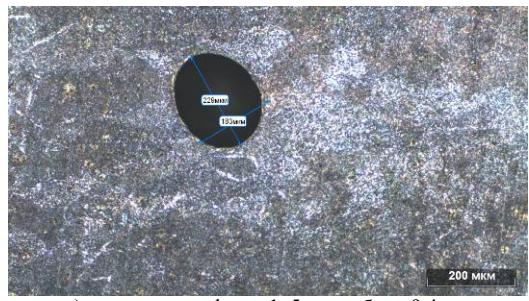
б) параметры дефекта 1\_2 на глубине 1,66 мм



в) параметры дефекта 1\_3 на глубине 9,4 мм



г) параметры дефекта 1\_4 на глубине 9,4 мм



д) параметры дефекта 1\_5 на глубине 9,4 мм

Рисунок 1 –Параметры дефектов на шлифе №1. Увеличение х500

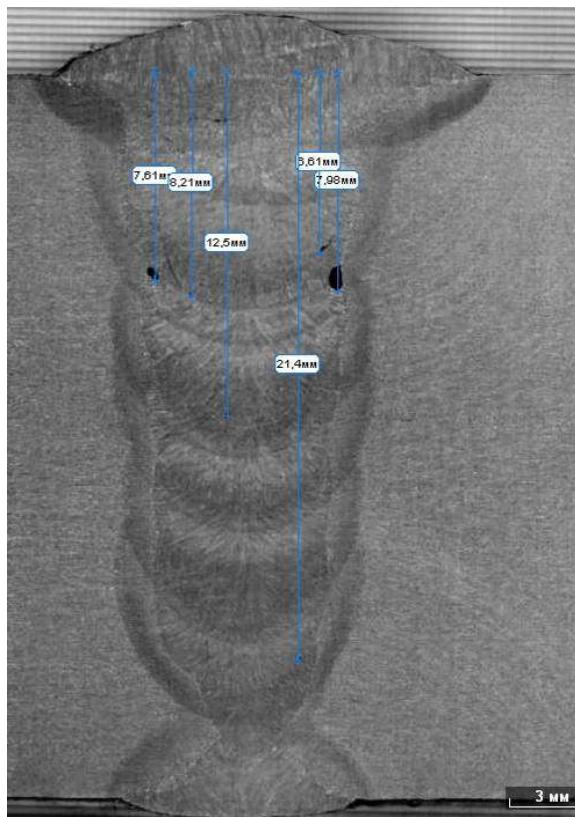
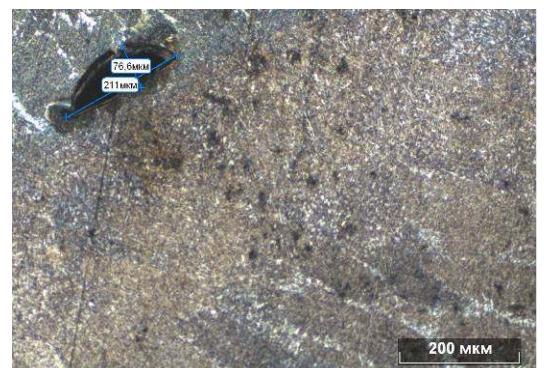


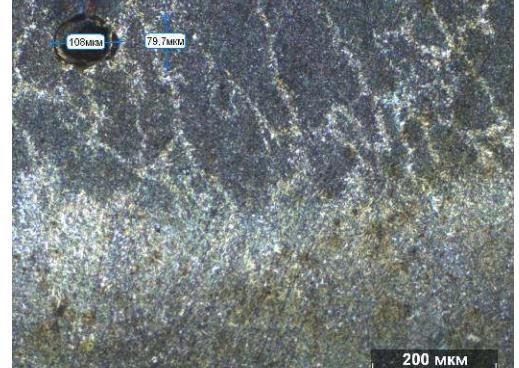
Рисунок 3 – Измерение глубины залегания дефектов на шлифе №15. Увеличение х100



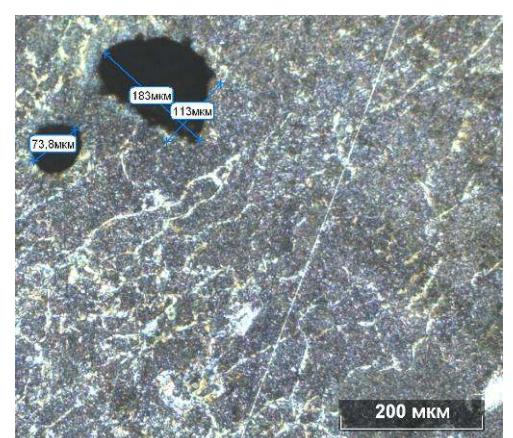
а) параметры дефекта 15\_1 на глубине 7,62 мм



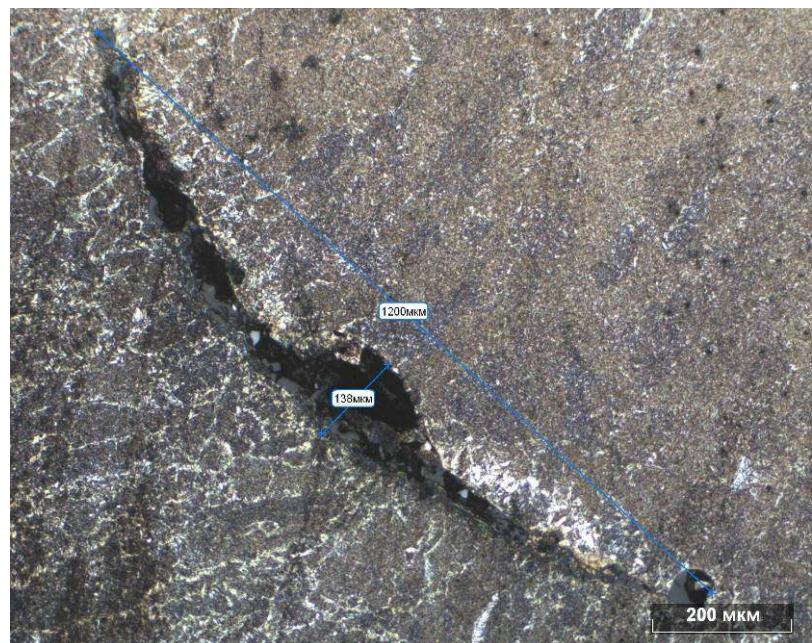
б) параметры дефекта 15.2 на глубине 8,61 мм



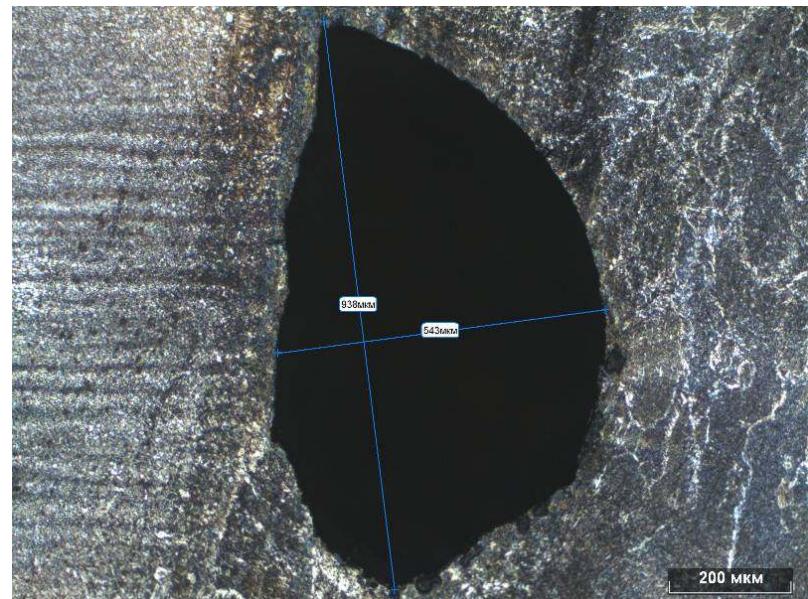
в) параметры дефекта 15.3 на глубине 12,5 мм



г) параметры дефекта 15\_4 на глубине 21,4 мм



д) параметры дефекта 15\_5 на глубине 6,61 мм



е) параметры дефекта 15\_6 на глубине 7,98 мм

Рисунок 4 – Параметры дефектов на шлифе №15.  
Увеличение х500

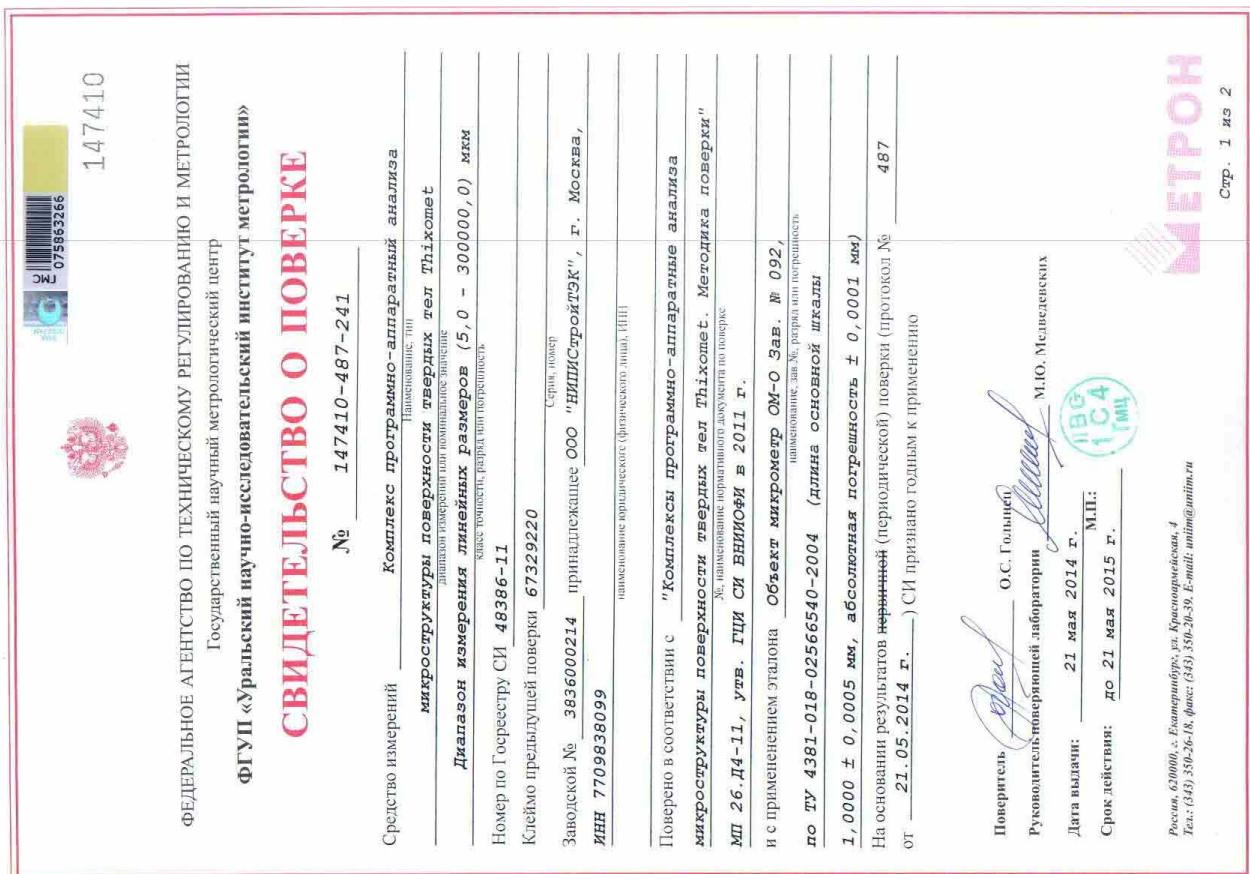
Измерения провела:

Г. А. Сабрекова

Начальник испытательной лаборатории

Д.А. Захаров

Примечание. Запрещается частичное или полное копирование, перепечатка протокола, без разрешения  
ООО «НИПИСтройТЭК»



### 0.3 Протокол измерения параметров дефектов сварного шва томографическим методом

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ,  
ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ И МАТЕРИАЛОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
«ВОЕНЭЛЕКТРОНСЕРТ»

Федеральное Государственное Унитарное Предприятие  
«МЫТИЩИНСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ» (ФГУП «МНИИРИП»)  
ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Адрес: 141002 , г. Мытищи Московской области, ул. Колпакова, дом 2а,  
АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ ИЦ № СВС.01.622.0175.13 от 12 сентября 2013

#### УТВЕРЖДАЮ



2014г.

### ПРОТОКОЛ № 046нк-14 Томографического исследования.

Начало испытаний: 20 октября 2014г.  
Конец испытаний: 22 октября 2014г.

Мытищи  
2014г.

- 1 Наименование заказчика: ООО «ДжИ Рус»
- 2 Объект исследования: темплет, состоящий из сборных образцов шва 1420x25,8мм
- 3 Цель исследования: измерение параметров несплошностей (глубина залегания, размеры), выходящих на поверхность поперечного шлифа сварного шва

4 Наименование средств измерений и сведения о государственной поверке:

Наименование оборудования	Заводской номер:	Свидетельство о поверке		Класс точности или погрешности	Срок поверки
		Номер	Дата		
Система томографическая GE v tome x m300	VTX01H0003-210113	2031699	13.09.14	± 3 мкм	До 13.09.15

- 5 Руководящие документы: ГОСТ Р 8.763 – 2011 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне 1×10-9 .. 50м и длин волн в диапазоне 0,2..50 мкм».
- 6 Порядок проведения исследования:
  - 6.1 Образец закрепить в оснастке и установить между источником излучения и детектором;
  - 6.2 Задать минимальный выявляемый объем несплошности равный 0,1x0,1x0,1 мм;
  - 6.3 Провести сканирование образца;
  - 6.4 Провести поиск и регистрацию дефектов. Регистрировать дефекты с объемом несплошности от 1 мм<sup>3</sup> и выше. Для каждой несплошности, выходящей на поверхность шлифа, выполнить измерение глубины залегания, максимальной протяженности и ширины.
  - 6.5 Заказчику передать таблицы с результатами измерения параметров дефектов в .xls-формате.

7 Результаты исследований. Параметры дефектов:

№ образца	Глубина залегания дефекта (размер A <sub>t</sub> ,мм)	Протяженность (размер В-В <sub>t</sub> , (мкм)	Ширина (размер С-С <sub>t</sub> , мкм)	№ образца	Глубина залегания дефекта (размер A <sub>t</sub> ,мм)	Протяженность (размер В-В <sub>t</sub> , (мкм)	Ширина (размер С-С <sub>t</sub> , мкм)
1	11,19	104	69	7	11,1	223	291
	11,91	30	73		13	271	224
	1,54	2646	629		18,4	239	209
	9,55	120	103	8	2,86	1748	587
	11,29	190	135		22,4	712	784
	17,25	221	198		12,5	2110	588
2	1,3	870	433	10	12	2122	509
3	7,6	593	301	11	12	1097	742
	8,11	934	542	12	12,4	3897	577
4	1,25	318	274	13	12,2	4539	1953
	1,41	641	446	14	2,98	1941	636
	22,12	405	502	15	7,55	624	305
5	1,8	1648	588		8,67	85	218
	19,5	280	352		12,92	101	88
6	4,91	1003	572		21,78	79	40
	7,52	412	274		21,78	195	123
	7,62	803	440		6,79	1223	134
	24,1	1037	773		8,1	945	534

- 8 Заключение: в процессе работы были выявлены и измерены параметры несплошностей, находящиеся в сварном шве.

Ответственный за проведение исследований:

Инженер-испытатель 2 кат.:  /Федичкина Е. В./



Технический отчет о результатах квалификационных испытаний установки MSCAN- SUPOR механизированного УЗК кольцевых сварных соединений МГ на соответствие требованиям нормативных документов ОАО «Газпром»

