

Опыт применения уточненной системы обеспечения работоспособности сварных соединений

**В.М. Силкин Е.Н. Овсянников (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»),
Е.М. Вышемирский, М.Ю. Тульский, Т.В. Артёменко (ПАО «Газпром»)**

- 1 Актуальность и общая характеристика комплексной системы обеспечения надежности сварных соединений магистральных газопроводов ПАО «Газпром»**
- 2 Научные, нормативно-методические и технологические составляющие комплексной системы обеспечения надежности сварных соединений магистральных газопроводов**
- 3 Опыт применения комплексной системы обеспечения надежности сварных соединений при строительстве и эксплуатации объектов ПАО «Газпром»**
- 4 Опыт внедрения норм оценки работоспособности сварных соединений для условий применения АУЗК (МУЗК)**
 - режим автономного применения АУЗК (МУЗК)**
 - совместное применение РК и АУЗК (МУЗК)**
 - практика нормирования параметров допустимых дефектов**

1 Периодизация и структура выполненных работ по направлению обеспечения надежности сварных соединений

2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015

Основные результаты

1. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 «Инструкция по неразрушающим методам контроля...»

(Разделены **строительные и эксплуатационные нормы** оценки КСС, **расчетное обоснование «эксплуатационных» норм**)

2. Р Газпром 2-2.3-260-2008 Методика расчета допустимого смещения кромок при контроле качества сварных соединений при капитальном ремонте магистральных газопроводов (**критерии и методы расчета**)

3. Временная методика оценки работоспособности кольцевых сварных соединений надземных технологических трубопроводов компрессорных и дожимных компрессорных станций, находящихся в эксплуатации (**критерии и методы нелинейной механики разрушения**)

4. Инженерные оценки критического состояния кольцевых сварных соединений при строительстве следующих морских инвестиционных проектов ПАО «Газпром»: **Подводный переход через Байдарацкую губу, через пролив Невельского МГ «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», МГ «Джубга-Лазоревское-Сочи», Обустройство Киринского месторождения.**

(Обоснование норм для строительства морских МГ с учетом критериев нелинейной механики разрушения и погрешностей АУЗК)

5. СТО Газпром 2-2.4-715-2012 «Методика оценки работоспособности кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов»

(три уровня оценки, объекты ЛЧ МГ, КС, ДКС, экспертный уровень)

6. Экспертная оценка работоспособности кольцевых сварных соединений газопроводов в непроектом положении;

7. Разработка норм оценки качества кольцевых сварных соединений для строительства сухопутных участков МГ для АУЗК/МУЗК (МГ «Сила Сибири», участки МГ «Южный поток» и др.)

2 Область фактического применения результатов работы

Тип объектов	Морские газопроводы	Сухопутные газопроводы
Этап жизненного цикла	Строительство	Линейная часть МГ «Площадные» объекты Строительство (экспертный режим) Эксплуатация (капитальный и выборочный ремонт)
Технологии сварки	Дуговые методы Контактная сварка (иссл. режим)	Дуговые методы Контактная сварка Дуговые методы
Объем и форма внедрения	Заключение по результатам инженерной оценки критического состояния кольцевых сварных соединений» при строительстве следующих инвестиционных проектов ОАО «Газпром» (Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений при строительстве): - Подводный переход через Байдарацкую губу СМГ «Бованенково Ухта» (все нитки); - Морской переход через пролив Невельского (МГ «Сахалин-Хабаровск-Владивосток»); - Морской участок МГ «Джубга-Лазаревское-Сочи»; - Обустройство Киринского месторождения	СТО Газпром 2-2.4-715-2012 «Методика оценки работоспособности кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов» Экспертная оценка работоспособности кольцевых сварных соединений конструктивных элементов магистральных газопроводов с признаками нарушения проектного состояния (объекты СМГ Бованенково-Ухта) Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений на основе АУЗК при строительстве сухопутных участков МГ «Южный поток»
Период реализации	2009 – 2012	2009 – 2015

Разработка и внедрение комплексной системы обеспечения надежности сварных соединений магистральных газопроводов на основе инновационных научно-методических и технологических решений

3 Факторы новизны в реализованной системе обеспечения работоспособности сварных соединений

- 1 **Усовершенствованных алгоритмов оценки**, адаптированных к типу объекта (линейная часть МГ, площадные объекты), технологии сварки (дуговые методы и контактная сварка), составу исходных данных и выбранному уровню оценки (оценочный, базовый и экспертный)
- 2 **Расширенного состава исходных данных о механических свойствах** основного металла и металла сварного шва, согласованного с требованиями применимости выбранных расчетных критериев и методов оценки работоспособности
- 3 **Расширенного состава диагностических данных** о типе, геометрических размерах и расположении дефектов с учетом технических возможностей средств неразрушающего контроля при оценке параметров дефектов сварных соединений
- 4 **Современных расчетно-экспериментальных методов оценки** работоспособности, основанных на расчетных моделях и критериях **нелинейной механики разрушения**, обеспечивающих учет основных механизмов разрушения сварных соединений с дефектами
- 5 **Усовершенствованной системы дифференцированных коэффициентов запаса** при оценке прочности кольцевых сварных соединений, структурированных по группам факторов влияния с учетом их значимости и статистического разброса
- 6 **Результатах лабораторных, стендовых и натурных испытаний**, проведенных по методикам, в составе и объеме, обеспечивающих корректное применение критериев и методов нелинейной механики разрушения (**более 3000 испытаний**)

4 Сравнительная оценка условий применения системы обеспечения работоспособности сварных соединений

Порядок формирования ключевых параметров	Морские объекты		Сухопутные объекты				Разработка технологий
	Строительство		Строительство		Эксплуатация		
	Типовой	Экспертный	Типовой	Экспертный	Типовой	Экспертный	Экспертный
1	2	3	4	5	6	7	8
Свойства материалов							
Нормативные свойства (ТУ)			всегда		да		
Испытания (KCV)				всегда			всегда
Испытания (CTOD, J-интеграл)	всегда	всегда		как правило			как правило
Расширенная программа		иногда		иногда		да	иногда
Оценка НДС							
Максимальные допустимые (по НДС)	иногда		всегда	да	да	иногда	как правило
Специализированный расчет НДС	как правило	всегда		как правило		как правило	иногда
Расчет НДС и диагностика						иногда	
Неразрушающий контроль							
ВИК	да	да	да	да	да	да	да
РК			да	да	да	да	да
УЗК (ручной)			да	да	да	да	да
АУЗК/МУЗК	всегда	всегда	да	да		как правило	да
Дополнительный контроль						иногда	иногда

5 Структура «проблемных» вопросов, рассмотренных при разработке и внедрении системы оценки качества кольцевых сварных соединений МГ ПАО «Газпром»

Проблемы

1. Расчетные модели и критерии

- 1.1. Развитие расчетных моделей, адаптация к требованиям и задачам Системы управления техническим состоянием и целостностью ГТС
- 1.2. Система лабораторных испытаний для формирования банка данных по свойствам материалов

2. Исходные данные

2.1. Механические свойства

2.2. Технические характеристики средств НК

- 1 {
 - 2.1.1 Номенклатура нормируемых характеристик
 - 2.1.2. Гарантированные значения (минимальные и средние значения)
 - 2.1.3. Избыточная универсальность (единые значения для технологий)
- 2 {
 - 2.2.1. Перечень контролируемых параметров дефектов
 - 2.2.2. Характеристики чувствительности
 - 2.2.3. Погрешность оценки условных размеров
 - 2.2.4. Нормативное закрепление

3. Порядок разработки и утверждения норм

- 3.1. Отсутствие НД «верхнего» уровня (работа в экспертном режиме)
- 3.2. Необходимость комплексных взаимосогласованных решений по всем видам НК (технические характеристики и порядок применения) и технологиям сварки (механические свойства и подтверждение)

4. Организация НК в полевых условиях

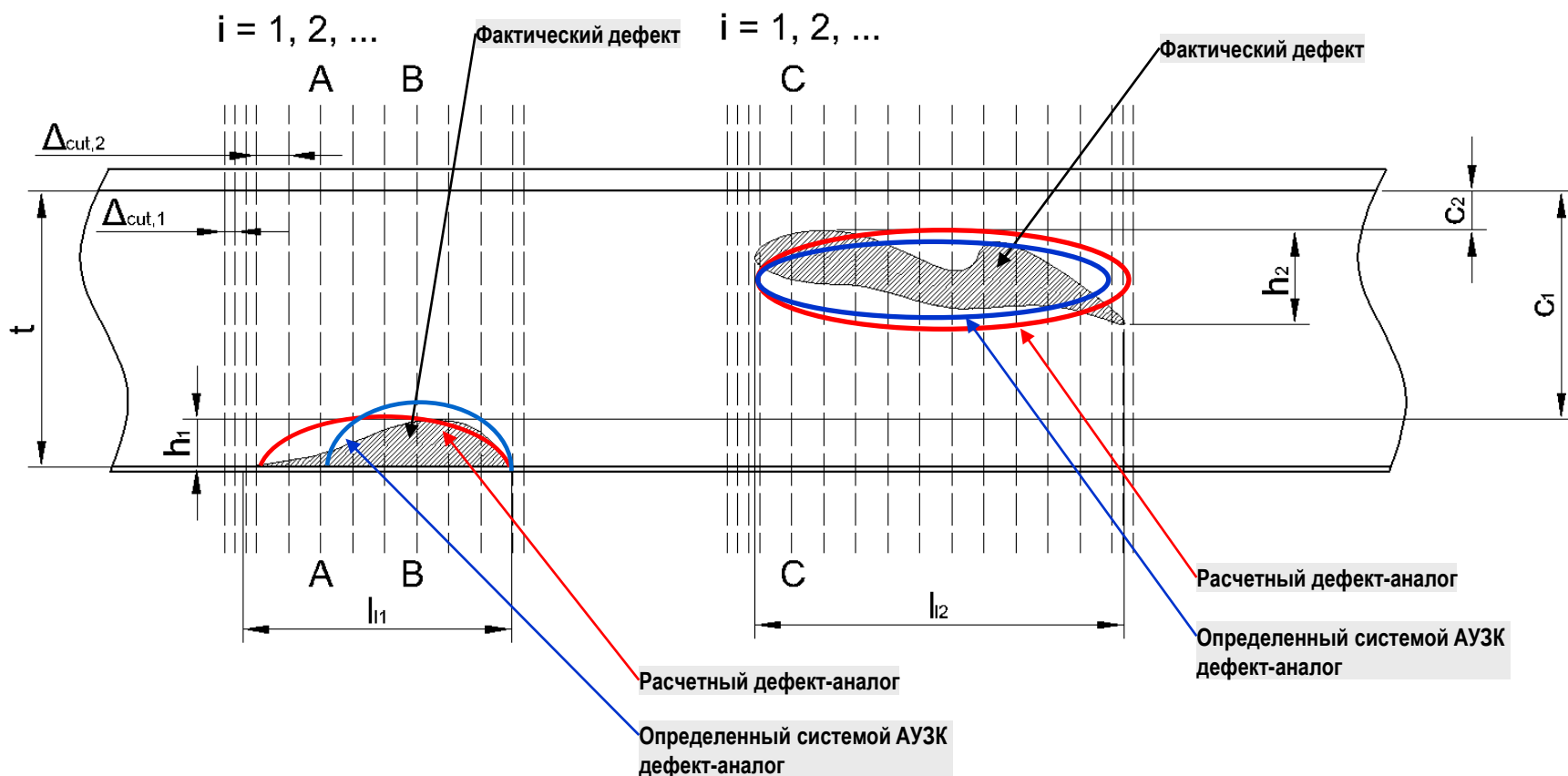
4.1. Режим автономного применения АУЗК (МУЗК)

4.2. Совместное применение РК и АУЗК (МУЗК)

- 3 {
 - 4.1. Формирование «парка» технических средств с достаточными техническими характеристиками
 - 4.2. Обучение и аттестация персонала
 - 4.3. Практическое внедрение схемы «совместного» применения методов НК на основе объединенных норм оценки качества кольцевых сварных соединений

6 Методика оценки «приборной» погрешности оценки условных размеров дефектов сварных соединений

1. Перечень контролируемых параметров дефектов
2. Характеристики чувствительности
3. Погрешность оценки условных размеров
4. Нормативное закрепление



7 Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов при применении АУЗК и МУЗК

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

СОГЛАСОВАНО:

Член Правления,
Начальник Департамента
ПАО «Газпром»

С.Ф. Прозоров

«08» 09 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Начальник Департамента
ПАО «Газпром»

А.А. Филатов

«10» 09 2015 г.

Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов при применении автоматизированных и механизированных средств ультразвукового контроля

РАЗРАБОТАНО:

Заместитель Генерального
директора по науке
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В.Н. Воронин

2015 г.

Москва 2015

Содержание

Введение	3
1 Область применения	4
2 Термины, определения и сокращения	4
3 Общие положения	5
4 Порядок проведения неразрушающего контроля качества сварных соединений	6
5 Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов при применении средств автоматизированного и механизированного ультразвукового контроля	9
Приложение А (обязательное) Форма заключения по результатам автоматизированного (механизированного) ультразвукового контроля стыкового сварного соединения трубопровода	11
Приложение Б (обязательное) Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов на основании значений ударной вязкости по Шарпи	12
Приложение В (обязательное) Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов на основании значений CTOD	54
Приложение Г (обязательное) Нормы оценки качества кольцевых сварных соединений труб на участках пересечения активных тектонических разломов, а также на участках прокладки в многолетнемерзлых грунтах в районах с сейсмичностью свыше 8 баллов по шкале MSK-64	57
Список использованных источников	58

8 Варианты совместного и автономного применения методов НК качества кольцевых сварных соединений

Оценка качества кольцевых сварных соединений по результатам АУЗК (МУЗК) и РК
на основе норм СТО Газпром 2-2.4-083-2006

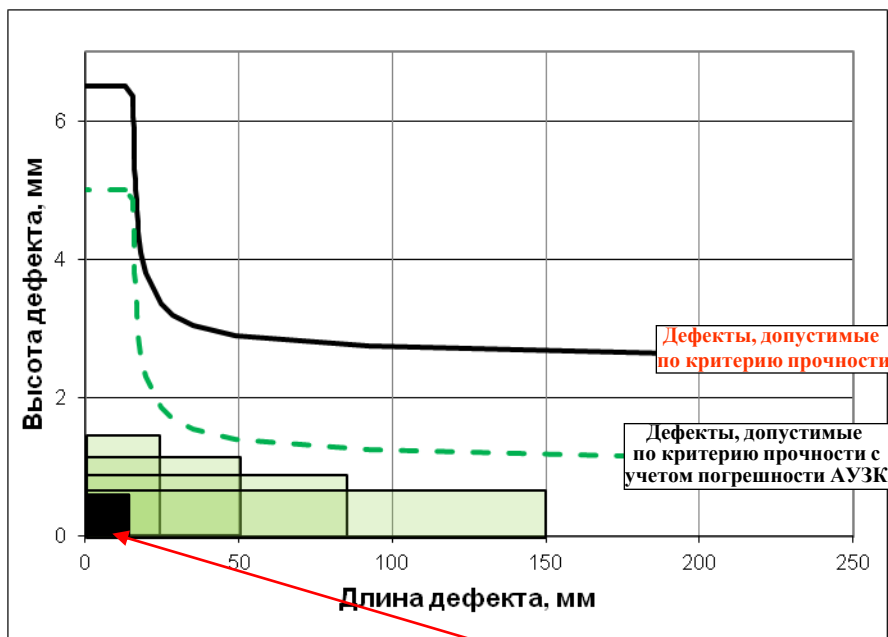


Рисунок 1 - Допустимые размеры **поверхностных дефектов** сварных соединений труб Ø812,8x36,5 мм с учетом погрешности АУЗК

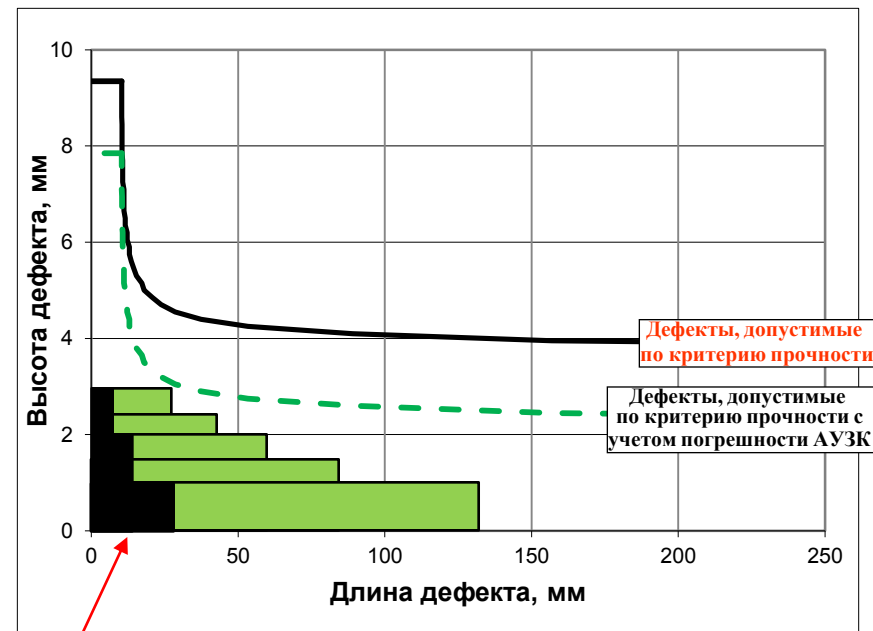


Рисунок 2 - Допустимые размеры **внутренних дефектов** сварных соединений труб Ø812,8x36,5 мм с учетом погрешности АУЗК

9 Порядок совместного применения методов НК качества кольцевых сварных соединений (РК и АУЗК)

При проведении контроля качества с применением средств НК, позволяющих [REDACTED] указанных в «Реестре средств неразрушающего контроля качества сварных соединений ПАО «Газпром», допускается применение [REDACTED]

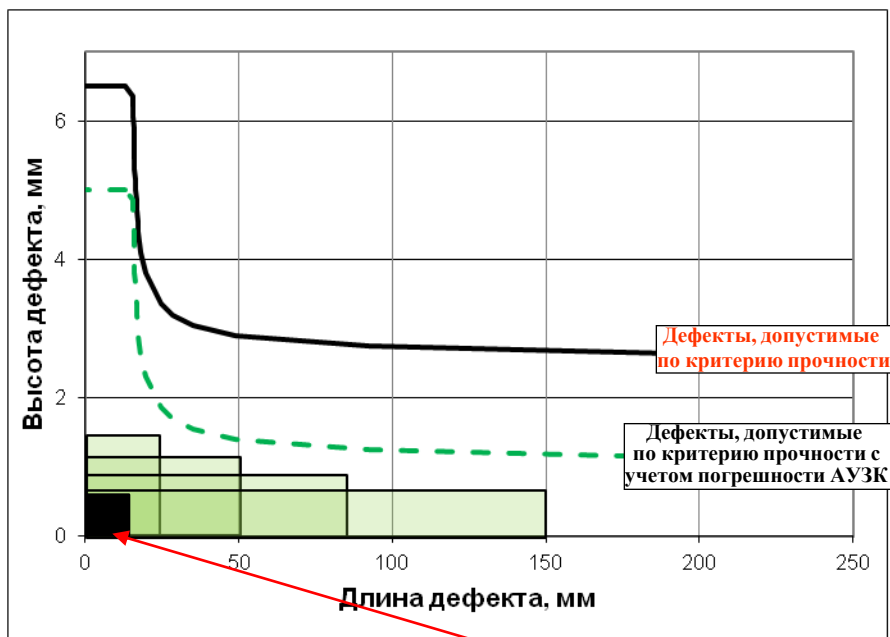
В случае обнаружения дефекта одновременно средствами АУЗК (МУЗК) и РК [REDACTED]

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] Оценку обнаруженного дефекта выполняют по нормам в соответствии с Приложением Д.

10 Варианты совместного и автономного применения методов НК качества кольцевых сварных соединений

Оценка качества кольцевых сварных соединений по результатам АУЗК (МУЗК) и РК на основе норм СТО Газпром 2-2.4-083-2006

3 4.3. Реализация «совместного» применения РК и АУЗК



Размеры дефектов, допустимых по нормам СТО Газпром 2-2.4-083-2006

Рисунок 1 - Допустимые размеры **поверхностных дефектов** сварных соединений труб $\varnothing 812,8 \times 36,5$ мм с учетом погрешности АУЗК

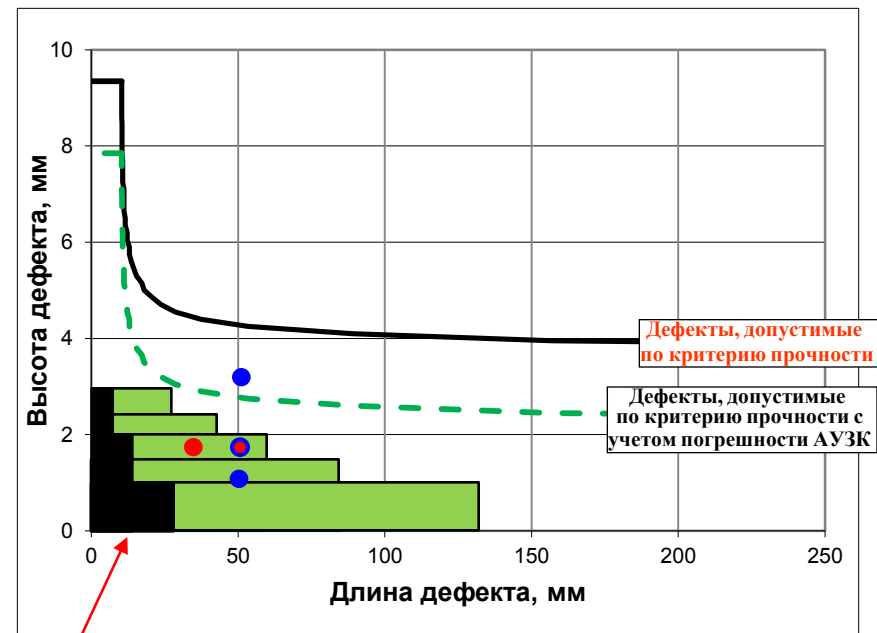


Рисунок 2 - Допустимые размеры **внутренних дефектов** сварных соединений труб $\varnothing 812,8 \times 36,5$ мм с учетом погрешности АУЗК

График зависимости высоты дефекта 2а от длины дефекта 2с. Ось Y: Высота дефекта 2а, мм (0-12). Ось X: Длина дефекта 2с, мм (0-160). Красная кривая: Разрушение. Синяя кривая: ЛС + ЗТВ. Зеленая кривая: Металл шва. Желтый прямоугольник: Базовые требования СТО Газпром 2-3.7-050-2006 (DNV-OS-F101).

1

Высота дефекта, мм

Длина дефекта, мм

Более 300 мм

маркеры – образцы дефектов

Первоначальные требования

Допустимо по результатам инженерной оценки

2

Высота дефекта, мм

Длина дефекта, мм

Более 300 мм

Принятые нормы оценки дефектов

12 Унификация подходов к нормированию параметров допустимых дефектов (продолжение)

Таблица Г.5. Исходные данные №3 (типоразмер 1220x12,9, К60, X70, категория III-IV)

Контролируемый параметр	Значения параметра	Условия применимости
Категория участка газопровода	III-IV	совпадение
Рабочее давление, МПа	7,4	не более
Минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода	$1000 \cdot D_n$	не менее
Максимальный отрицательный температурный перепад	Минус 30 °С	не более
Внешний диаметр, D_n , мм	1220	совпадение по ТУ
Номинальная толщина стенки трубы, $t_{ном}$, мм	12,9	совпадение по ТУ
Нормативный минимальный предел текучести ОМ, σ_{02}^{TY} , МПа	461	совпадение по ТУ
Нормативный минимальный предел прочности ОМ, σ_B^{TY} , МПа	588	совпадение по ТУ
Нормативное удлинение при растяжении ОМ, δ_s , %	20	совпадение по ТУ
Нормативная ударная вязкость по Шарпи ОМ (средняя/минимальная при минимальной расчетной температуре эксплуатации), KCV, Дж/см ²	58,8/49,0	не менее
Нормативная ударная вязкость по Шарпи МШ (минимальная на 3-х образцах при минимальной расчетной температуре эксплуатации), KCV, Дж/см ²	29,4; 40; 50	не менее
Ширина облицовочного слоя СШ, мм	15	не менее
Максимальное смещение кромок СШ, мм	2,6	не более
Фактическая толщина стенки $t_{факт}$, мм	12,1-13,7	в диапазоне значений (-0,8, +0,8)
Фактический предел текучести ОМ, σ_{02} , МПа	461-511	в диапазоне значений
Фактический предел прочности ОМ, σ_B , МПа	588-638	в диапазоне значений

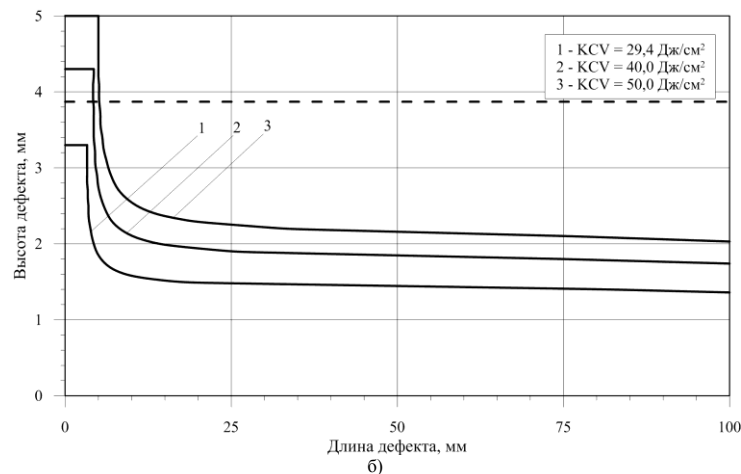
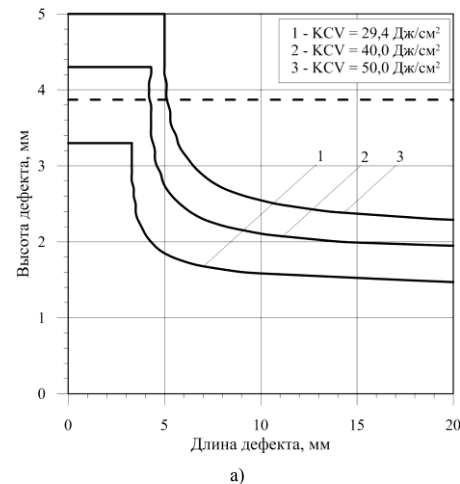
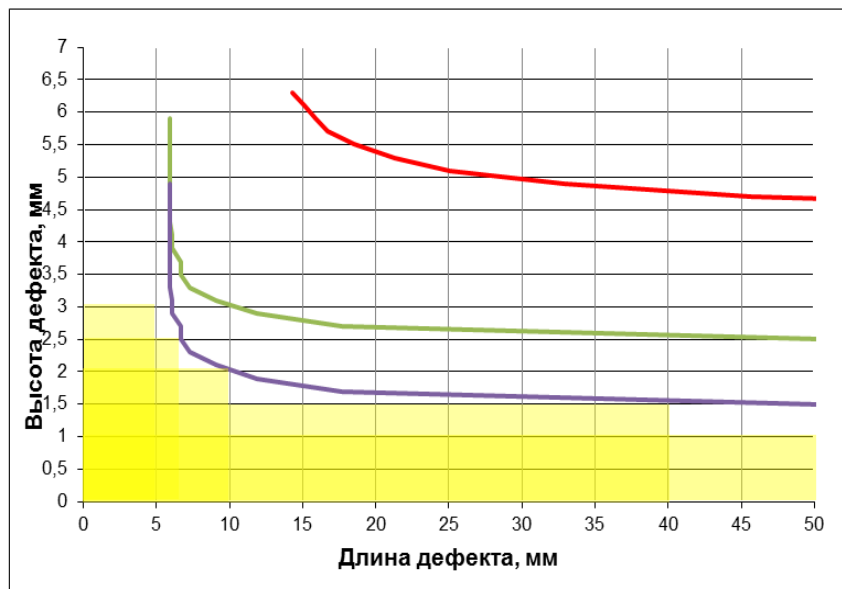


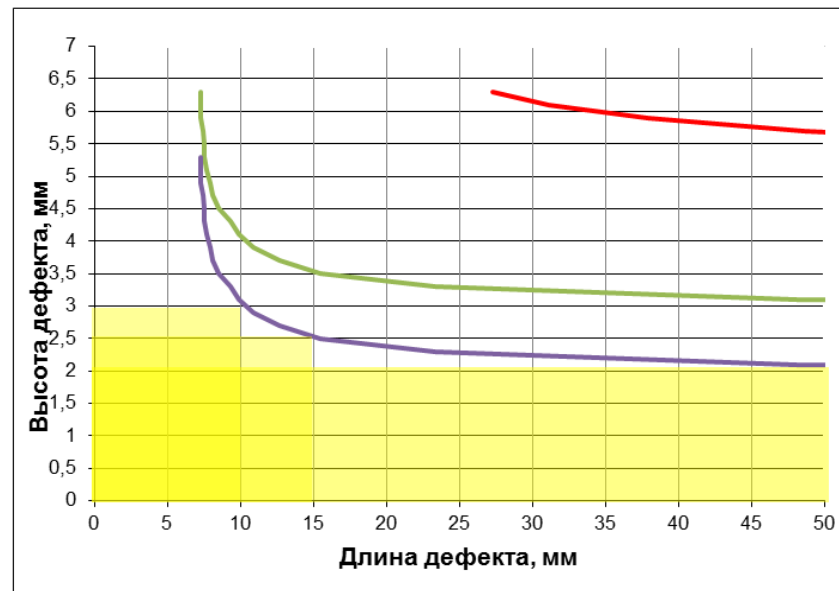
Рисунок Г.5 – Номограмма для определения допустимых размеров внутренних дефектов, Ø1220x12,9, X70, категория III-IV, ЛЧМГ, ДМС

13 Унификация подходов к нормированию параметров допустимых дефектов (продолжение)

МГ «Сила Сибири» (2015 год)



Максимальные допустимые размеры внутренних дефектов
кольцевых сварных соединений труб 1420 x 25,8 мм,
KCV 75 Дж/см²



Максимальные допустимые размеры внутренних дефектов
кольцевых сварных соединений труб 1420 x 25,8 мм,
KCV 100 Дж/см²

Благодарю за внимание!