

# МОДУЛЬ ПО КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ, РЕСУРСА ТРУБ И ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА РЕМОНТА

**Недопад Илья Вадимович**

Главный специалист лаборатории информационно-аналитического обеспечения  
СУТЦЦ производственных объектов (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

VII Международный научно-практический семинар «Повышение надежности магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением»

- 1 Актуальность разработки Методики ранжирования дефектов КРН и Модуля по классификации дефектов КРН
- 2 Разработка и автоматизация Методики ранжирования дефектов КРН
- 3 Интеллектуальная система сопровождения технического диагностирования трубопроводов
- 4 Параметры математической модели, реализованной в Модуле по классификации дефектов КРН
- 5 Демонстрация работы «Модуля по классификации дефектов КРН»
- 6 Выводы

# Актуальность разработки Методики ранжирования дефектов КРН и Модуля по классификации дефектов КРН

Задача

Обеспечение надежной и безопасной эксплуатации труб МГ в условиях риска возникновения КРН.

Проблемные места

Развитие средств ВТД (возрастает объем обнаруживаемых аномалий, что при отсутствии алгоритмов расчета ресурса труб с КРН приводит к ежегодному непрогнозируемому росту затрат ПАО «Газпром» на их ремонт.

Отсутствие системы адресного планирования мероприятий по диагностированию и ремонту МГ с учетом остаточного ресурса труб с КРН.

Отсутствие научно- обоснованной системы поддержки принятия решения по выбору технически и экономически оптимального способа ремонта труб с КРН с учетом их фактического остаточного ресурса и условий эксплуатации. Все трубы с КРН вырезают, что приводит к кратному удорожанию ремонта МГ с дефектами КРН.

Решение

Разработка Методики ранжирования дефектов КРН МГ по степени опасности, оценки ресурса труб и назначения способа ремонта с последующей апробацией в пределах опытных участков МГ и учета в информационных системах ПАО «Газпром», в том числе при создании Единой цифровой платформы ДТОиР.

# Разработка и автоматизация Методики ранжирования дефектов КРН МГ по степени опасности, оценки ресурса труб и назначения способа ремонта

В 2021-2023 г. в рамках НИОКиТР с ПАО «Газпром» ООО «Газпром ВНИИГАЗ» выполнена работа по теме «Разработка и автоматизация методики ранжирования дефектов КРН МГ по степени опасности, оценки ресурса труб и назначения способов ремонта».

**Цель работы** – совершенствование системы оценки ресурса труб магистральных газопроводов с дефектами коррозионного растрескивания под напряжением.

## Результаты работы:

### Результат 1:

*Р Газпром 28.2-018-2024 «Диагностическое обследование, техническое обслуживание и ремонт. Диагностическое обследование. Методика ранжирования дефектов КРН труб опытных участков магистральных газопроводов по степени опасности, оценки ресурса и порядок назначения способа ремонта»*

### Результат 2:

*Программа для ЭВМ «Модуль по классификации дефектов КРН МГ с учетом степени опасности, ресурса труб и эффективного способа ремонта», автоматизирующая методику, описанную в Р Газпром 28.2-018-2024.*

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

РЕКОМЕНДАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ

Диагностическое обследование, техническое обслуживание и ремонт

Диагностическое обследование

МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ

КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД

НАПРЯЖЕНИЕМ ТРУБ ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ

МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПО СТЕПЕНИ

ОПАСНОСТИ, ОЦЕНКИ РЕСУРСА И ПОРЯДОК

НАЗНАЧЕНИЯ СПОСОБА РЕМОНТА

Р Газпром 28.2-018-2024

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Общество с ограниченной ответственностью

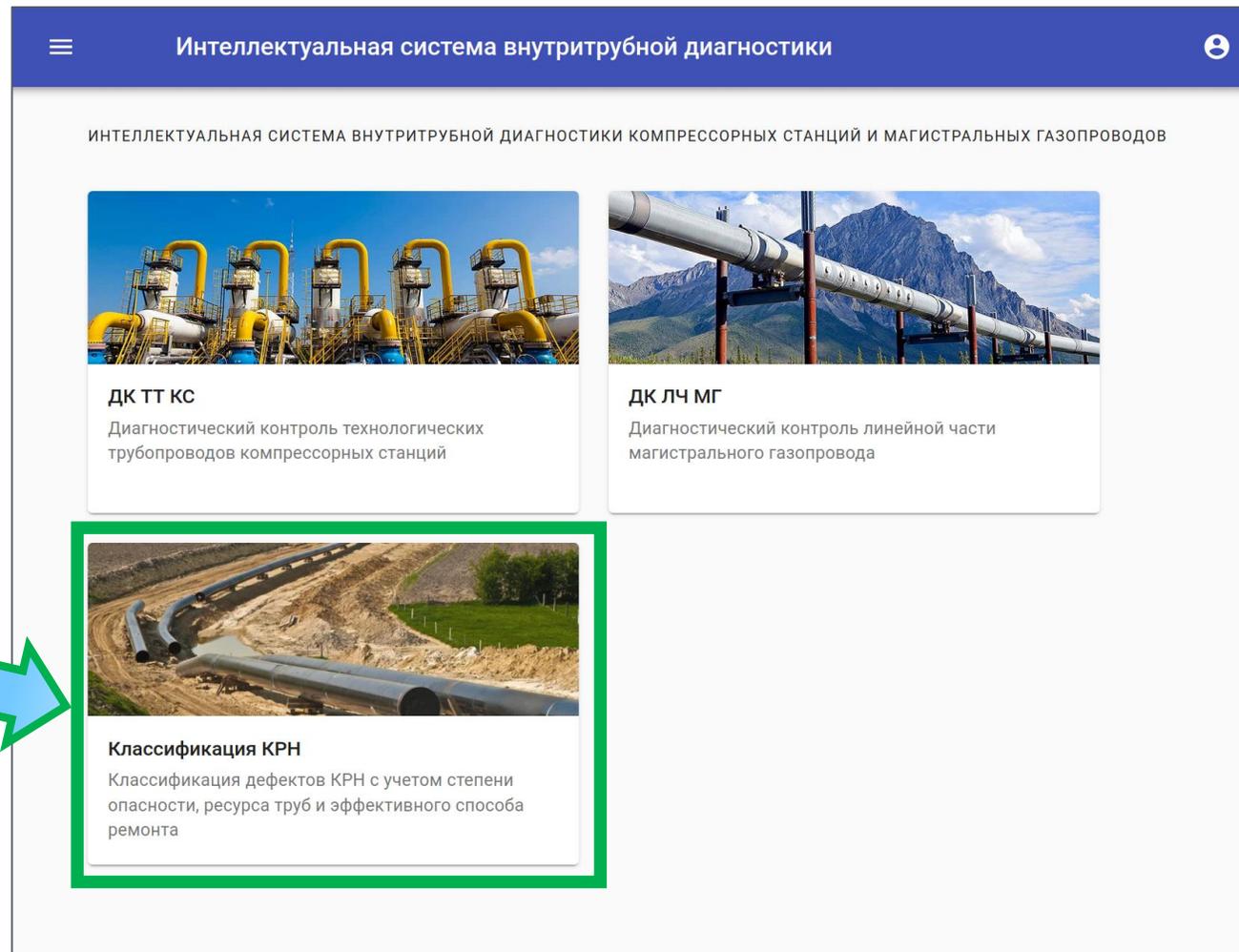
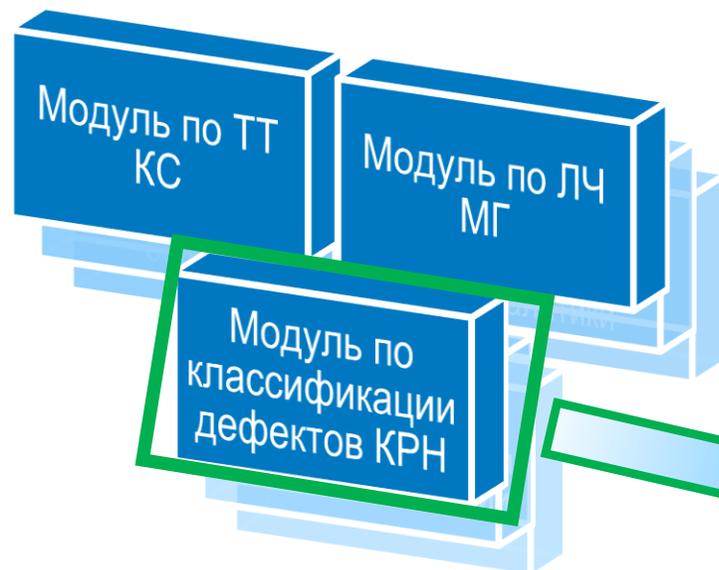
«Научно-исследовательский институт природных газов и газовых

технологий – Газпром ВНИИГАЗ»

Санкт-Петербург 2024

# Интеллектуальная система сопровождения технического диагностирования трубопроводов

Реализованные в рамках  
Интеллектуальной системы Модули:



Интеллектуальная система внутритрубной диагностики

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВНУТРИТРУБНОЙ ДИАГНОСТИКИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ И МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

**ДК ТТ КС**  
Диагностический контроль технологических трубопроводов компрессорных станций

**ДК ЛЧ МГ**  
Диагностический контроль линейной части магистрального газопровода

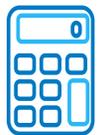
**Классификация КРН**  
Классификация дефектов КРН с учетом степени опасности, ресурса труб и эффективного способа ремонта

## Параметры математической модели, реализованной в Модуле по классификации дефектов КРН

Параметры распределяют в порядке увеличения консервативности и уменьшения точности прогноза на группы:



- **исследуемые** – по результатам лабораторных исследований и испытаний, а также при НК в шурфах;



- **расчетные** – вычисляют по расчетным зависимостям с использованием справочных данных или параметров, полученных по результатам лабораторных исследований и испытаний;



- **назначаемые** – значения которых выбирают из справочников, нормативных документов, сертификатов соответствия или результатов предыдущих лабораторных исследований для схожих труб по типоразмеру, марке стали и конструкции;



- **консервативные** – установленные в соответствии с Методикой ранжирования дефектов КРН параметры, значения которых обеспечивают наиболее негативную оценку остаточного срока службы и применяются для коэффициентов, неопределенных в результате испытаний для определенного типоразмера труб.

# Параметры математической модели, реализованной в Модуле по классификации дефектов КРН

Математическая модель, учитывает группы параметров:

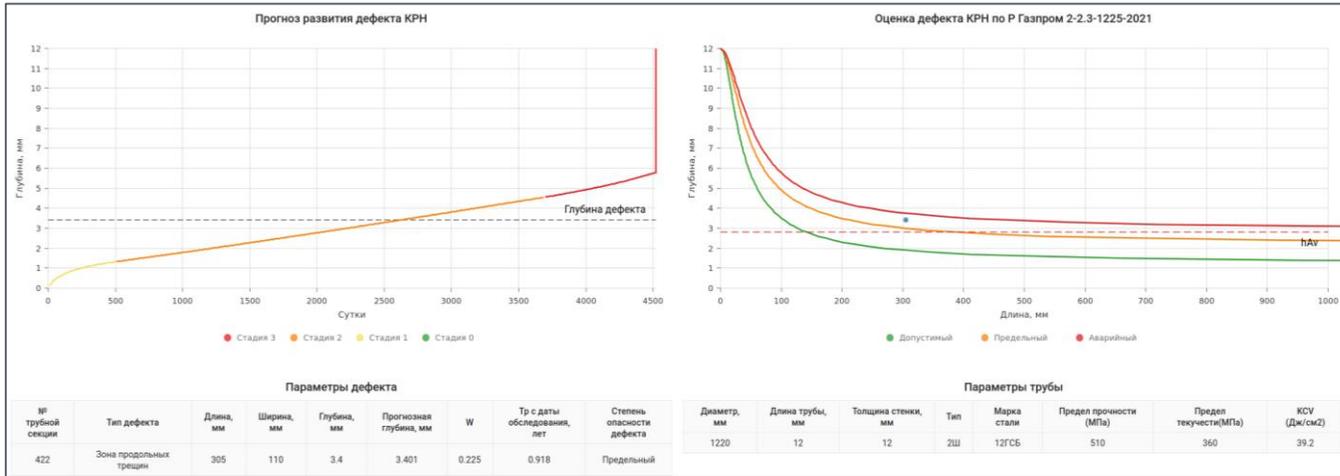
Механические свойства металла труб



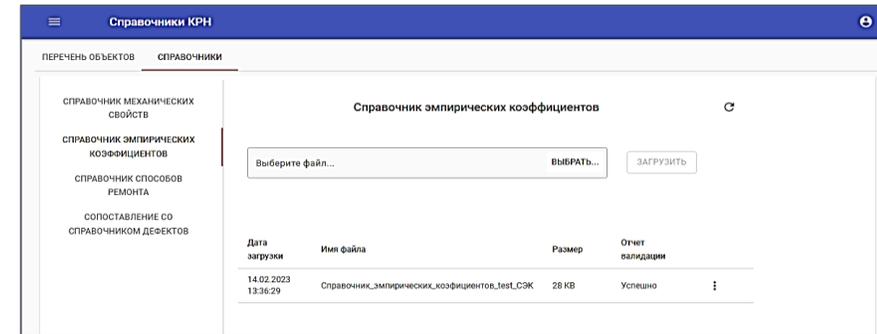
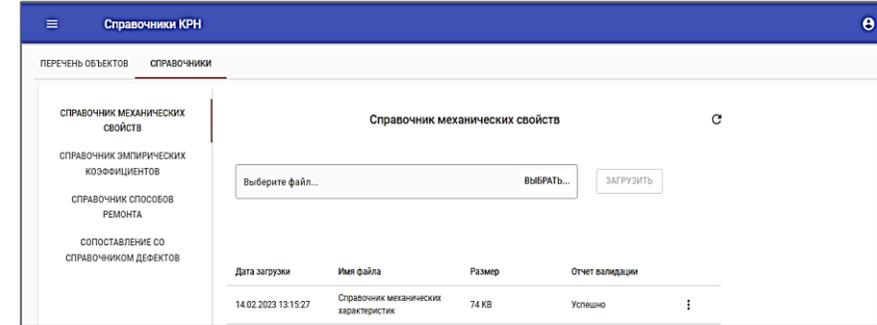
Геометрические размеры



Состав околотрубного электролита



Набор параметров задается для каждой трубной секции, на которой также могут находиться сразу несколько дефектов, скорость развития которых не линейна и требует постоянного пересчета по изменившимся размерам дефектов.



Линия	Рабочее давление, МПа	Марка стали	Класс прочности	Итоговая толщина	Ориент. попер. трещины	Классиф. участка	Тип дефекта	Конструкция	Ориентация 1 шв, ч	Ориентация 2 шв, ч	Именное наименование	Снаряд	Доступность (1 - да, 0 - нет)	Стоимость МТР руб	Стоимость работ, руб	Риск, лет
3	7.4	12Г1С	К80	Челябинский ТЗ	-	В	трещин	однопольная	0	6	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13
3	7.4	12Г1С	К80	Челябинский ТЗ	-	1	трещин	двупольная	1	7	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13
3	7.4	12Г2СФ	К80	Волжский ТЗ	да	II	трещин	стерилизованная	2	8	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13
3	7.4	12Г2СФ	К56	Волжский ТЗ	да	III	трещин	бесшовная	-	-	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13
40	7.4	12Г1С	К80	Челябинский ТЗ	-	IV	трещин	однопольная	0	6	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13
40	7.4	12Г1С	К80	Челябинский ТЗ	-	В	отвод	двупольная	1	7	ИС_2, ИС_3, ИС_3	РРНОЕ, ВР, РПЦ	1	200747, 131021, 267643	334876, 4000, 401495	14, 15, 13

## Исходные данные:

- 1 Ввод объектов (участок ЛЧ МГ, элемент и т.д.)
- 2 Загрузка данных (отчет ИУСТ и/или отчет ДДК)
- 3 Заполнение опросного листа (сопоставление элементов со справочником механических характеристик)
- 4 Ввод химического состава грунта (сульфиды, карбонаты, pH и т.д.)
- 5 Установление параметров расчета (учитывать (да/нет) прогноз на дату расчета)

Классификация КРН

ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ    СПРАВОЧНИКИ

Поиск  X

+ ДОБАВИТЬ УЧАСТОК МГ

Наименование магистрального газопровода	Участок магистрального газопровода, км	Начало участка, км	Конец участка, км	Год ввода в эксплуатацию	Наружный диаметр, мм	Проектное давление, МПа	Разрешенное рабочее давление, МПа	Дата обследования	
ПМИ	1-11	1	11	2002	1420	7.4	7.4	26.04.2023	⋮
Тест	0-100	0	100	1954	1220	5.4	5.4	03.05.2023	⋮
ДДК тест	0-67	0	67	1985	1220	5.4	5.4	19.01.2023	⋮
тест 11072022 ИУСТ	0-100	0	100	1985	1220	5.4	5.4	19.12.2023	⋮

20 элементов    |< < 1-4 из 4 > >|

## Результаты расчета дефектов:

1

Результирующий трубный журнал со всеми исходными данными для каждого элемента (геометрические параметры элементов, механические характеристики, химические свойства грунта, эмпирические коэффициенты)

2

Результирующий журнал аномалий (геометрические параметры дефектов, расчетные значения для дефектов КРН)

3

Графики прогноза развития дефектов КРН и оценки дефекта КРН (аварийный, предельный, допустимый, незначительный)

Редактирование обследования

ОБСЛЕДОВАНИЯ > Объект: тест 11072022 ИУСТ > 0 - 100 км > Обследование от: 19.12.2023 - № тестСЭК 5999-6000 12

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТА ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТОВ РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ ТАБЛИЦА

ТРУБНЫЙ ЖУРНАЛ ЖУРНАЛ АНОМАЛИЙ СЦЕНАРИЙ РЕМОНТА Скачать отчет

Идентификатор обследования	№ трубной секции	Измеренная координата от КЗ, м	Дата ввода в эксплуатацию	Диаметр, мм	Длина трубы, м	Толщина стенки трубы, мм	Тип трубы	Тип элемента	Тип изоляции	Ориентация первого шва, час	Ориентация второго шва, час	Категория по СНиП	Производитель	Марка стали	ТУ
ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ	ИУСТ
301406	12301	136343.36	1977-01-01	1220	11.51	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	11.3	5.3	II	ЧТЗ, ОАО		ТУ 14-158-153-С
301406	12302	136354.87	1977-01-01	1220	11.45	12	двухшовная	Труба	заводская изоляция	11.4	5.4	III	ЧТЗ, ОАО		ТУ 14-158-153-С
301406	12303	136366.32	1977-01-01	1220	11.61	12	двухшовная	Труба	заводская изоляция	11	5	III	ЧТЗ, ОАО		ТУ 14-158-153-С
301406	12304a	136377.93	1977-01-01	1220	11.63	12	двухшовная	Труба	заводская изоляция	0.4	6.4	III	ЧТЗ, ОАО		ТУ 14-158-153-С
301406	12305a	136389.56	1977-01-01	1220	11.62	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	10.3	4.3	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12306a	136401.18	1977-01-01	1220	11.65	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	11.6	5.6	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12307	136412.83	1977-01-01	1220	11.42	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	2.8	8.8	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12308	136424.25	1977-01-01	1220	11.46	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	2.4	8.4	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12309	136435.71	1977-01-01	1220	11.36	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	11.8	5.8	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12310	136447.08	1977-01-01	1220	11.28	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	9.4	3.4	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С
301406	12311a	136458.36	1977-01-01	1220	1.28	14	двухшовная	Труба	заводская изоляция	10.3	4.3	III	ЧТЗ, ОАО	12Г2СБ	ТУ 14-158-153-С

Строк на странице 50 1-50 of 103 Перейти на страницу 1

## Фильтры выбора способов ремонта:

1

Сценарии ремонта (временный ремонт, ремонт под давлением, ремонт с частичной заменой труб, ремонт с полной заменой труб)

2

Раскладка (по трубам/по дефектам)

3

Ресурс

4

Стоимость материально-технических ресурсов

5

Стоимость выполнения работ

Редактирование обследования

ОБСЛЕДОВАНИЯ > Объект: тест 11072022 ИУСТ > 0 - 100 км > Обследование от: 19.12.2023 - № тестСЭК 5999-6000 t2

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОПСРОСНЫЙ ЛИСТ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТА ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТОВ РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ ТАБЛИЦА

ТРУБНЫЙ ЖУРНАЛ **ЖУРНАЛ АНОМАЛИЙ** СЦЕНАРИИ РЕМОНТА [Скачать отчет](#)

№ трубойной секции	Тип дефекта Q зона	От шва, м	Ориентация, час	Длина, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Прогнозная глубина, мм	W	W_dop	W_pr	W_av	Развитие до W_dop, лет	Развитие до W_pr, лет	Развитие до W_av, лет	Макс. относительная глубина	Кольцевые напряжения в стенке трубы, МПа	beta	Критическое значение вязкости разрушения, МПа*м <sup>0.5</sup>
12331a	Зона продольных трещин	0.66	6.63	908	86	3.2	3.206	0.216	0.11	0.372	0.501	2.447	11.904	14.907	0.487	229.9	0.959	131.3
12331a	Зона продольных трещин	3.49	6.28	1085	180	2.4	2.406	0.164	0.11	0.373	0.501	2.304	11.764	14.767	0.487	229.9	0.959	131.3
12331a	Зона продольных трещин	5.58	6.27	962	107	4.8	4.806	0.331	0.11	0.372	0.501	2.397	11.855	14.858	0.487	229.9	0.959	131.3
12331a	Зона продольных трещин	8.81	6.22	622	78	3.2	3.206	0.203	0.11	0.369	0.501	2.858	12.315	15.318	0.487	229.9	0.959	131.3
12332a	Зона продольных трещин	3.35	6.93	1870	86	2.4	2.405	0.173	0.11	0.374	0.501	2.005	11.463	14.466	0.487	229.9	0.959	131.3
12350a	Зона продольных трещин	3.79	6.95	251	161	6.1	6.107	0.44	0.116	0.216	0.292	4.69	9.115	12.118	0.268	269.1	0.934	92.8
12350a	Зона продольных трещин	4.09	7.25	145	33	4.6	4.605	0.248	0.116	0.218	0.292	6.937	11.789	14.792	0.268	269.1	0.934	92.8

Строк на странице 50 1-7 of 7 Перейти на страницу 1



## Выводы

- Программа для ЭВМ «Модуль по классификации дефектов коррозионного растрескивания под напряжением магистральных газопроводов с учетом степени опасности, ресурса труб и эффективного способа ремонта» создана на базе пилотного образца интеллектуальной системы сопровождения технического диагностирования трубопроводов.
- Программа для ЭВМ выполняет автоматизацию:
  - методики ранжирования дефектов КРН по степени опасности (раздел 6 Р Газпром 28.2-018-2024 ) ;
  - методики оценки ресурса труб; (раздел 5 Р Газпром 28.2-018-2024 ) ;
  - методики по назначению способов ремонта труб с дефектами КРН (раздел 7 Р Газпром 28.2-018-2024 ).
- Автоматизация Методики для ранжирования дефектов КРН опытных участков МГ по степени опасности, оценки ресурса труб и порядок назначения способа ремонта (Р Газпром 28.2-018-2024) выполнена с учетом эмпирических коэффициентов, характеризующих физико-химические свойства сталей в электролитах, полученные по результатам лабораторных, стендовых испытаний труб и опытной эксплуатации труб в составе участков магистральных газопроводов.
- На Программу для ЭВМ получено свидетельство о государственной регистрации №2023616426 от 27.03.2023.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**Недопад Илья Вадимович**

Главный специалист лаборатории информационно-аналитического обеспечения  
СУТСЦ производственных объектов