



## **VI** МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

# ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

17–21 октября 2022 г.  
г. Кисловодск



# ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Начальник службы УТСЦ ГТС  
филиала Инженерно-технический центр  
ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

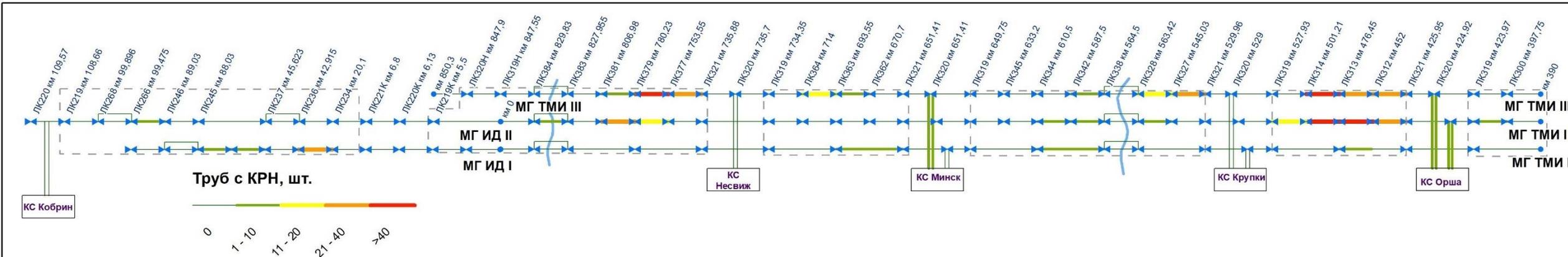
*Гриб Сергей Валерьянович*

Инженер службы УТСЦ ГТС  
филиала Инженерно-технический центр  
ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

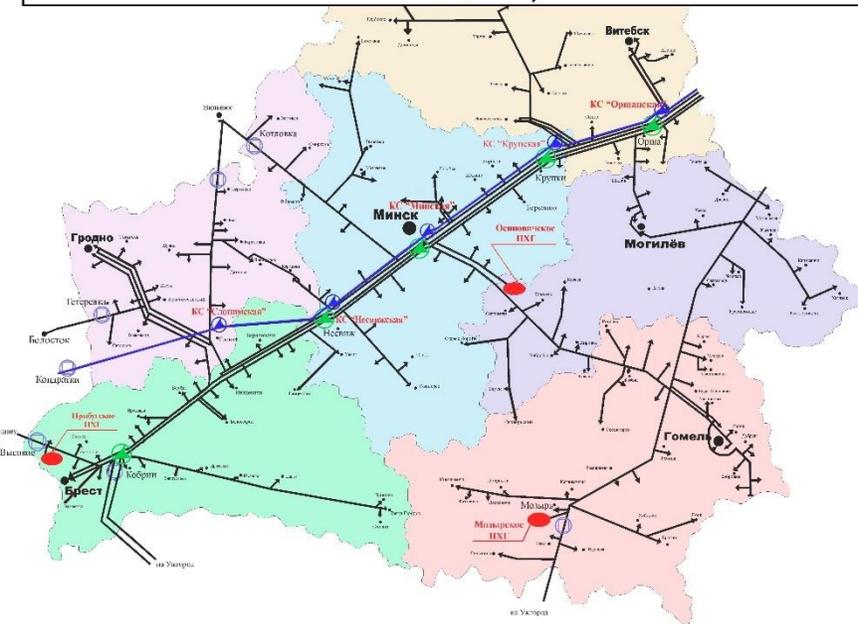
*Корнеева Татьяна Алексеевна*

# ОАО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ БЕЛАРУСЬ». КРН НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ – ОБЩИЕ ДАННЫЕ

Количество труб с КРН на МКУ, штук



- МГ «Торжок-Минск-Ивацевичи» I – не обнаружен на трубах производства СССР;
- МГ «Торжок-Минск-Ивацевичи» II – на 3 участках из 5 (каждый~100 км);
- МГ «Торжок-Минск-Ивацевичи» III – на 4 участках из 5 (каждый~100 км).



Нитка	Диаметр, мм	Год ввода	ТУ на трубу/завод	Толщина стенки, мм	Шовность	Марка стали	Класс прочности
МГ ТМИ I	1220	1974-75	ТУ 14-3-109-73/ЧТЗ	12	двухшовные	17Г1С	K52
МГ ТМИ II	1220	1978	ТУ 14-3-109-73/ЧТЗ ТУ 14-3-602-77/ХТЗ	12	двухшовные	17Г1С 17Г1С-У	K52
МГ ТМИ III	1220	1982-83	ТУ 14-3-721-78/Волжский ТУ 14-3-602-77/ХТЗ	10,5 12	спиральношовные двухшовные	17Г1С 17Г1С-У	K60 K52

# ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачи исследования: выявить закономерности распространения КРН

природно-климатического характера

технологического характера  
(режимы и т.п.)

производственного характера  
(сталь, особенности производства)

тип грунта (глинистые, суглинистые)

электропроводимость грунтов  
(коррозионная агрессивность)

химический состав грунтового электролита

увлажненность грунта

температура грунта

pH грунтового и подпленочного электролитов

давление перекачиваемой среды

изменение температуры, нестабильные грунты

защитное покрытие

электрохимическая защита

остаточные напряжения изготовления

сварочные напряжения

изгибные напряжения

**способ формовки при изготовлении**

- одношовные/двухшовные/спиральношовные

**микроструктура стали, включения**

- текстурная неоднородность

- наличие дислокаций, неметаллические включения

**механические свойства стали**

- предел прочности/текучести/ударная вязкость

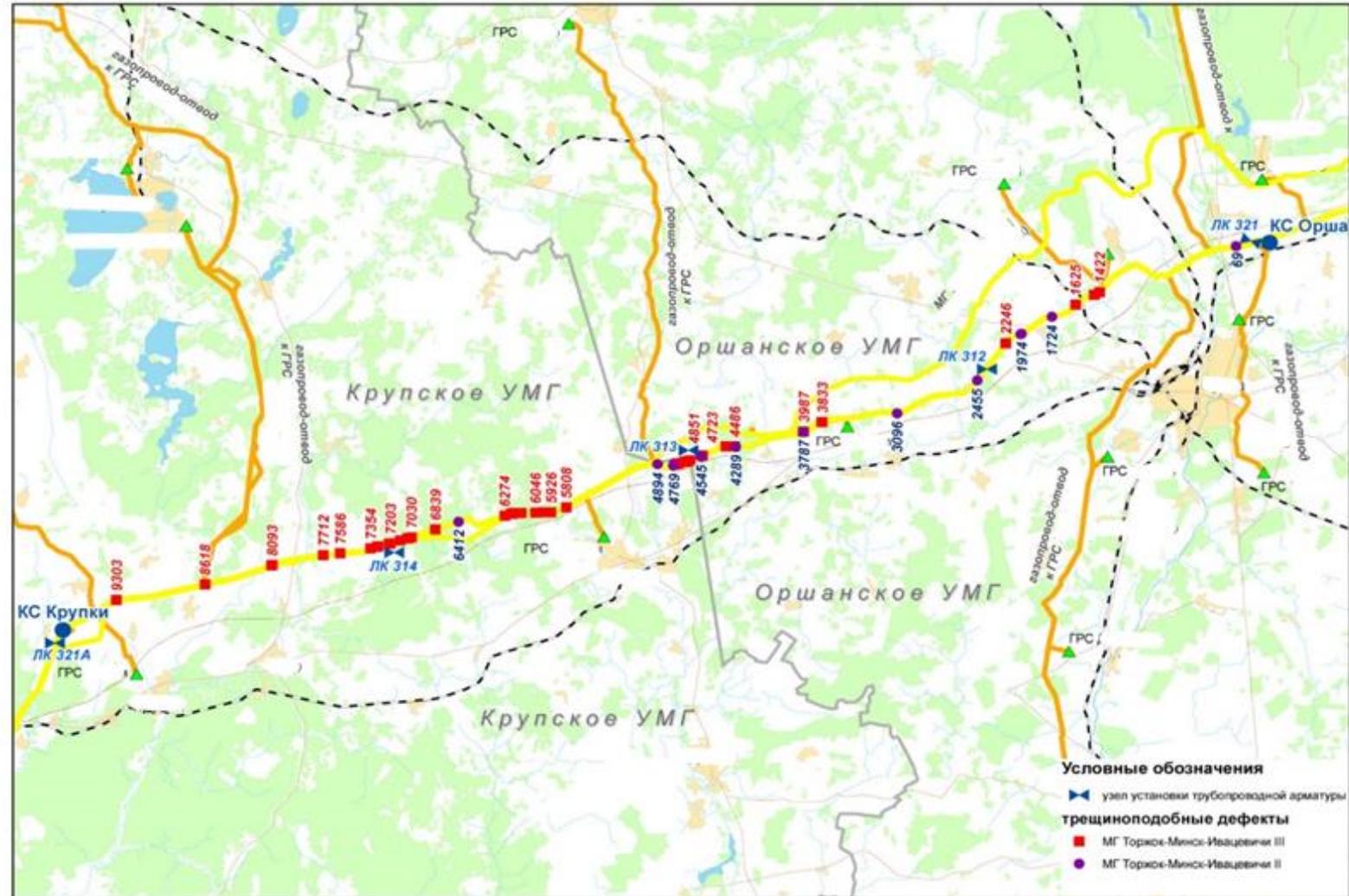
**химический состав**

- содержание углерода, добавки хрома, никеля, др.

**Итог работы (в перспективе):**

выявление закономерностей - полуавтоматизированный поиск участков ЛЧ МГ с возможным КРН и  
визуализация полученных данных на цифровой карте

- максимальное распространение – в начале и конце ниток (2-ой и 4-ый участки ВТД из 5-и);
- основной объем труб с КРН зафиксирован на участках ЛЧ МГ на расстоянии **>15 км** от компрессорных станций;
- максимальное количество дефектов отмечается преимущественно в середине участков ВТД (~ 50 км до компрессорных станций).

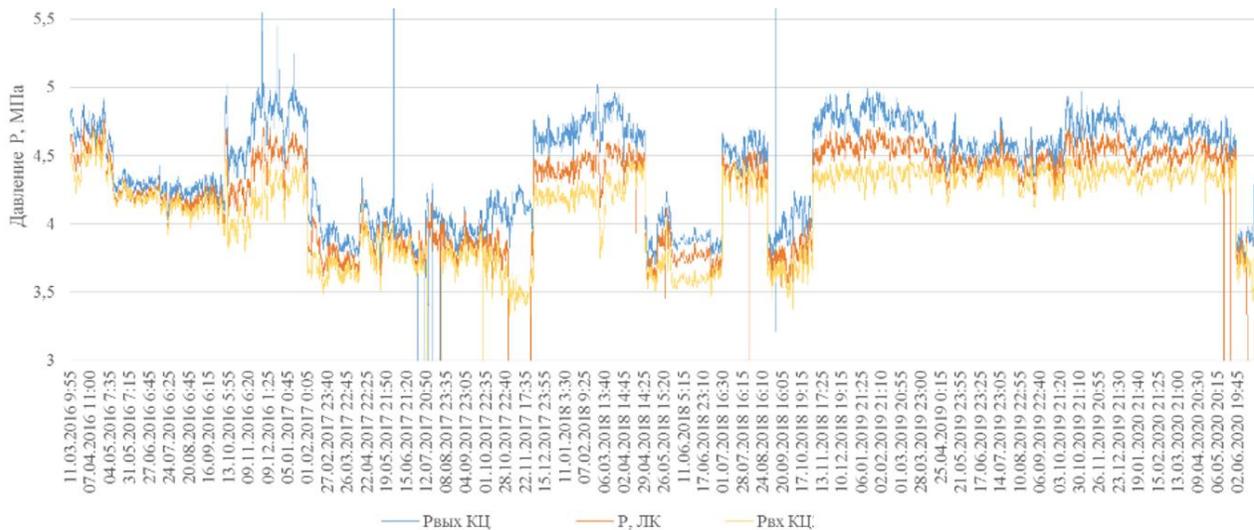


# ЦИКЛИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

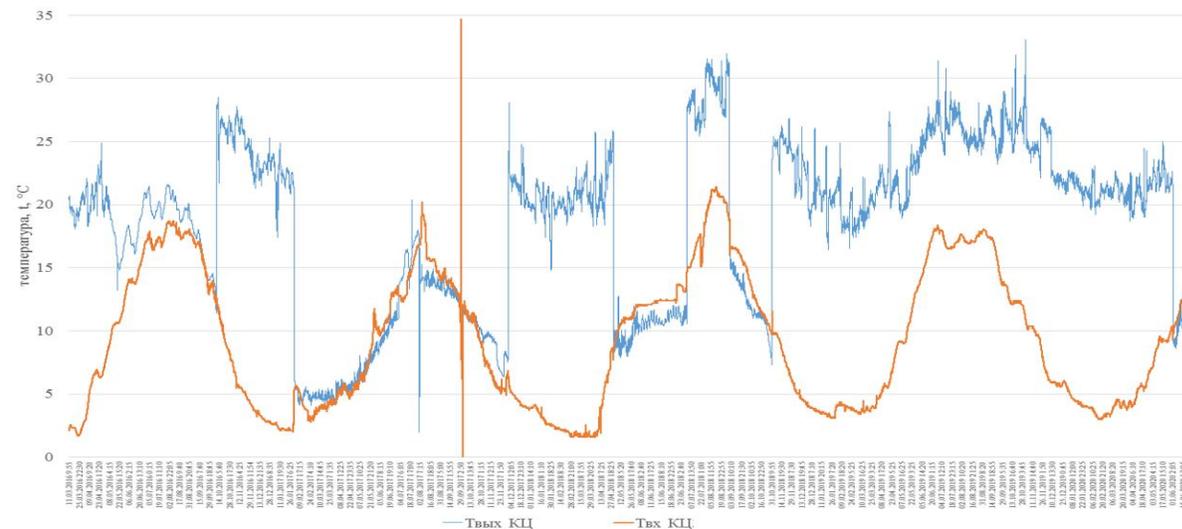
- прямой взаимосвязи между циклическими нагрузками (режимом эксплуатации) и зарождением, развитием КРН не выявлено (но отсутствуют детальные данные работы КС до начала XXI века);

- режим работы участков характеризуется сезонностью и циклическостью.

Участок МГ	Среднее годовое Р, МПа	Разница Р зима/лето, МПа	Годовая амплитуда Р, МПа	Диапазон Т, °С	Годовая амплитуда Т, °С
МГ ТМИ II, участок ...	4,24	0,46	1,35	от +4,6 до +31,4	22,4
МГ ТМИ II, участок ...	4,11	0,26	1,07	-	-
МГ ТМИ III, участок ...	4,2	0,54	1,81	от +2 до +33,1	26,1
МГ ИД I, участок ...	3,82	0,01	0,95	-	-



*Динамика фактических давлений на одном из участков ВТД МГ ТМИ III в 2016-2020 гг.*



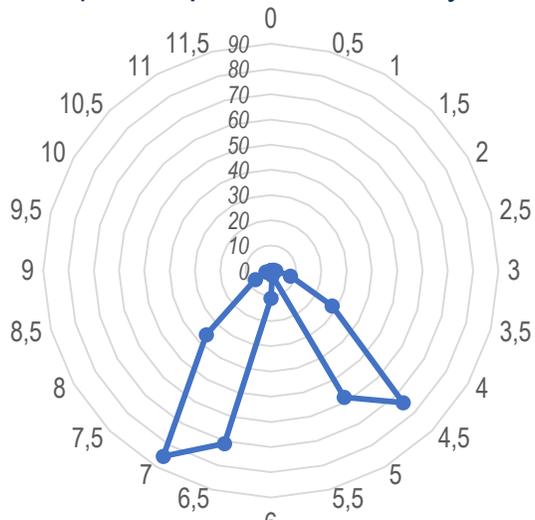
*Динамика фактической температуры газа на выходном шлейфе КЦ... и входном шлейфе КЦ... МГ ТМИ III в 2016-2020 гг.*

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБ С ДЕФЕКТАМИ КРН

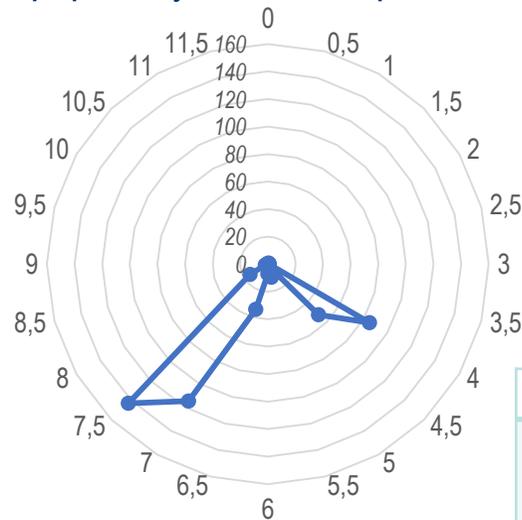
- распределение КРН на отдельных типах труб:

Нитка	Участок	ТУ на трубу	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Шовность	Марка стали	Класс прочности	Кол-во труб, шт./ % от общего	Кол-во труб с КРН, шт.
ТМИ II	2	ТУ 14-3-109-73	1220	12	двухшовные	17Г1С/С-У	К52	8165 / 87,84	150
ТМИ III	2	ТУ 14-3-721-78	1220	10,5	спиральношовные	17Г1С	К60	5077 / 52	162
ТМИ III	3	ТУ 14-3-721-78	1220	10,5	спиральношовные	17Г1С	К60	2589 / 23	32

- ориентация дефектов КРН по условному циферблату на МГ «Торжок-Минск-Ивацевичи» II и III:



двухшовные трубы  
(всего 385 дефектов)



спиральношовные  
(всего 468 дефектов)



Приложение В  
Перечень труб,  
предрасположенных к КРН

Участок МГ	Итоги ВТД	2020 г.	2022 г.
МГ ТМИ III, участок 2	Дефектов КРН, шт.	111	310
	Труб с КРН, шт.	71	193
	Дефектов/спиральношовных труб, шт.	99/63	256/162

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром»

**ИНСТРУКЦИЯ ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ МЕТАЛЛА ТРУБ КАК ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

СТО Газпром 2-2.3-760-2013

Стандарт организации

- участки с пленочной изоляцией трассового нанесения. На фоне коррозии;
- наличие отслоений защитного покрытия (гофры, складки, нарушение адгезии) при отсутствии значимых сквозных повреждений – фактически в 100% случаев;
- трубы с КРН расположены в глинистых, суглинистых грунтах с незарегулированным водным стоком - фактически в 100 % случаев;
- основной массив труб с КРН приурочен к просекам в окружении хвойных, смешанных лесов.

Участок	% труб с КРН в лесах	% труб с КРН на пашне
МГ ТМИ II, участок 2	64	36
МГ ТМИ II, участок 3	97,8	2,2
МГ ТМИ III, участок 2	78	22



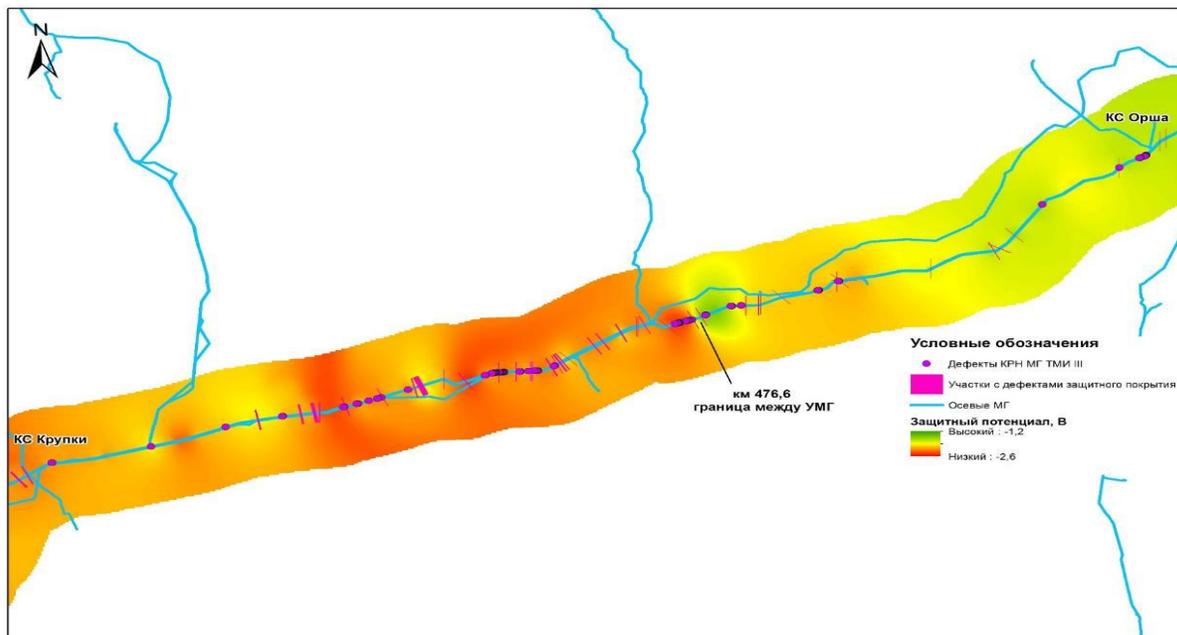
Нитка	Тип	Лента	Обертка	Производитель
МГ ТМИ I	Полимерная липкая лента трассового нанесения	1 (IV категория) и 2 слоя Плайкофлекс	1-2 слоя	США
МГ ТМИ II		2 слоя ПВХ-ЛМЛ по ТУ 63-69; 2 слоя ПЭЛ по ТУ 51-563-72; 2 слоя Поликен Фурукава (часть участков 4 и 5)	1-2 слоя обертки бризол БРП по ГОСТ 17176-71 Бишор Фурукава	СССР СССР Япония
МГ ТМИ III		1 (IV категория) и 2 слоя Поликен 980-25	1-2 слоя Поликен 955-25	США

# КОМПЛЕКСНЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ. КОРРЕЛЯЦИЯ С ДАННЫМИ ВТД

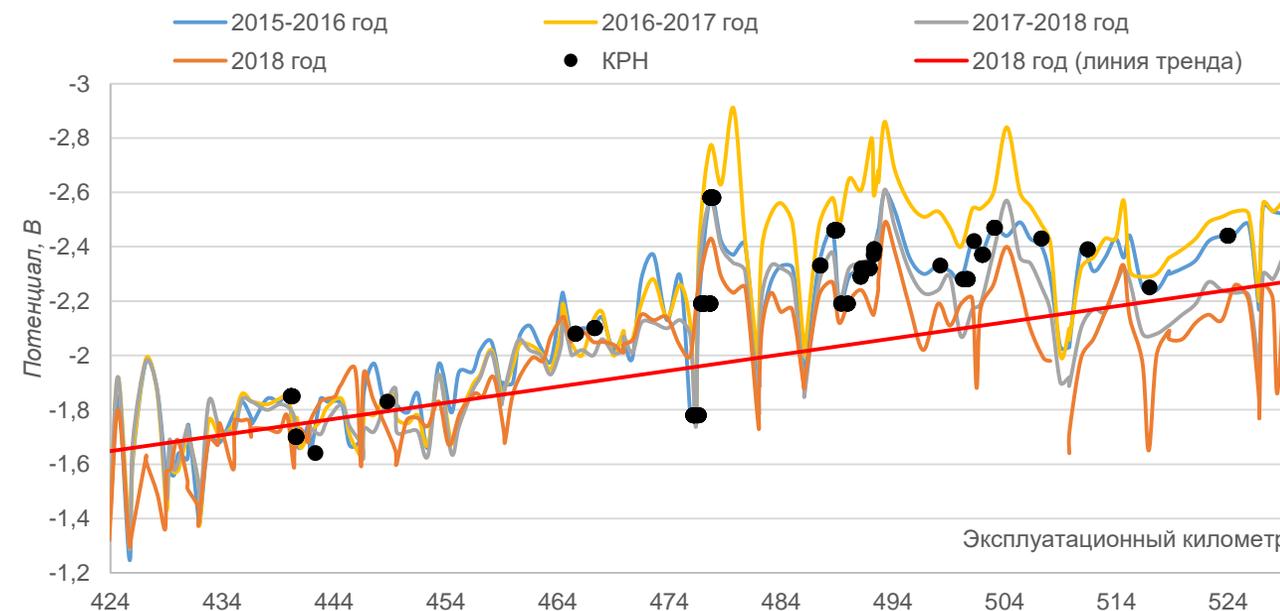
- комплексные коррозионные обследования:

- неудовлетворительное состояние защитных покрытий;
- защитные потенциалы в пределах нормы (от -0,9 до -3,5 В);
- низкая коррозионная агрессивность грунтов;
- защищенность участков по УТ-3 (потенциал «труба-земля») 100%;
- для защитных потенциалов характерно плавное повышение от границы с РФ до участка 3 и падение к участку 5.

Участок МГ	ВТД, шт.		Коррозионное обследование, шт.	
	Всего труб		Труб с повреждением изоляции	
МГ ТМИ II, участок 5	Всего труб	10339	Труб с повреждением изоляции	203
	Всего труб с КРН	25	Из них труб с КРН	0
	Всего труб с коррозией	1234	Из них труб с коррозией	20
МГ ТМИ III, участок 5	Всего труб	10429	Труб с повреждением изоляции	51
	Всего труб с КРН	69	Из них труб с КРН	1
	Всего труб с коррозией	213	Из них труб с коррозией	0



Распределение КРН исходя из защитных потенциалов МГ ТМИ III, участок 2

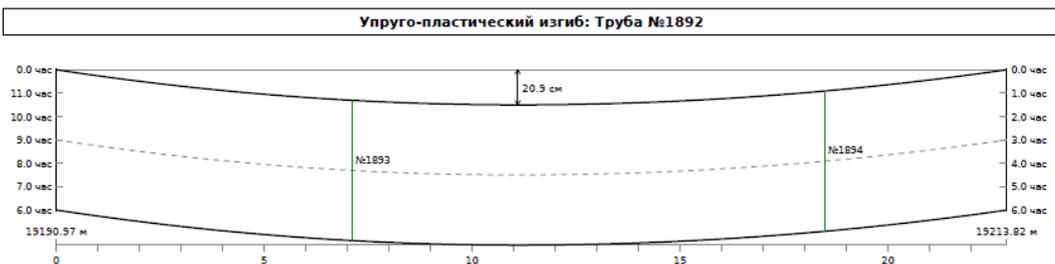


Защитные потенциалы и распределение КРН на МГ ТМИ III, участок 2



# СВЯЗЬ КРН С УЧАСТКАМИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ИЗГИБОВ. РАСПОЛОЖЕНИЕ КРН НА СВАРНЫХ И ЗАВОДСКИХ ШВАХ

- очевидной зависимости влияния дополнительных изгибных напряжений (участки упруго-пластического изгиба по ВТД) на размеры и количество дефектов КРН не выявлено: дефекты с КРН, например, на одном из участков МГ «Торжок-Минск-Ивацевичи» подтверждены на 12 трубах с УПИ при том, что на УПИ приходится более 1330 труб по ВТД).



- на прилегающих к заявленным трубам с КРН фактически в 8 случаях из 10 обнаружены трещины на спиральных швах, часто около кольцевых швов. Глубина КРН составляет не более 1 мм.



Лабораторные исследования темплетов с дефектами зона продольных трещин:

- определен химический состав металла труб;
- выполнен металлографический контроль труб;
- проведены испытания на одноосное статическое растяжение поперечных образцов основного металла трубы;
- проведены испытания на ударный изгиб на образцах Шарпи (ISO-V)

Подтверждено соответствие выявленных зон продольных трещин дефектам КРН.



1000 МКМ

	Нормир. значения	ТМИ II (участок 2)			ТМИ II (участок 3)	ТМИ III
		1	2	3	4	5
номер образца		1	2	3	4	5
номер трубы		4771	6413	6414	1902	4546
глубина по ВТД, %		-	48	-	48	37
глубина по металлографическому контролю, (% от факт. толщины стенки)		15	35	7	36	-
предел текучести $\sigma_{0,2}$ МПа	353	496	496	422	438	424
предел прочности $\sigma_B$ МПа	510	640	645	547	620	601
относительное удлинение $\delta_5$ %		21	23,1	26,9	25,6	25,6
отношение $\sigma_{0,2} / \sigma_B$		0,78	0,77	0,77	0,71	0,7
напряжение разрушения $\sigma_R$ МПа		1239	1294	1032	985	956
удельная работа равномерной деформации $W_m$ , МДж/м <sup>3</sup>		82	96	104	111	107
удельная работа разрушения образца $W_p$ , МДж/м <sup>3</sup>		845	872	716	469	455
минимальная ударная вязкость KCV, Дж/см <sup>2</sup>	29,4 (ТУ) 39,2 (СНИП)	33,1	25,7	46,6	39,2	60,7
доля вязкой составляющей в изломе %		0	0	20-25	100	100

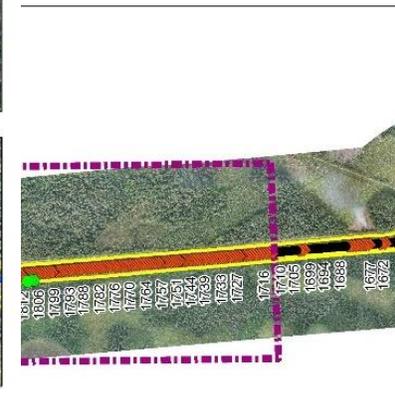
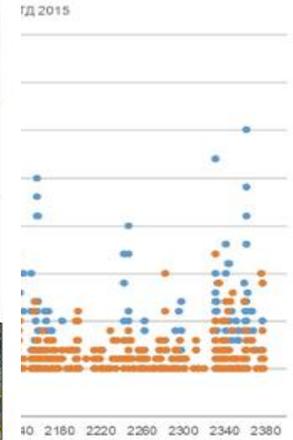
Фактические прочностные и пластические характеристики основного металла труб соответствуют нормируемым требованиям. Ударная вязкость и трещиностойкость основного металла образцов находятся на низком удовлетворительном и неудовлетворительном уровне.

# ИТОГОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

1. Основной критерий – наличие дефектов КРН
2. Наличие подверженных коррозии участков
3. Наличие протяженных участков
4. Лесные массивы + наличие объектов
5. Станции катодной защиты
6. Наличие КРН на соседних участках



кату ВТД;



## ИТОГИ РАБОТ

- определены закономерности распространения дефектов КРН на ЛЧ МГ в зоне ответственности ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»;
- подготовлен аналитический отчет, включающий в том числе итоги гидравлических испытаний;
- подготовлен регламент обследования дефектов КРН на ЛЧ МГ ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»;
- результаты анализа использованы для определения объемов ДДК и планирования огневых работ по ВТД 2021-2022 годов:
  - значительно уменьшены объемы ДДК по итогам ВТД;
  - для нескольких участков ЛЧ МГ предложен капитальный ремонт методом сплошной замены трубы ввиду нецелесообразности проведения выборочного ремонта. Работы в стадии согласования с Департаментом 308 ПАО «Газпром»;
- дальнейшее развитие работы – разработка информационно-аналитической системы, позволяющей определять участки, предрасположенные к развитию КРН.



## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Гриб Сергей Валерьянович

тел. газ. 780 37 862

тел. гор. (8-10) 375 17 215 68 62

e-mail: [s.hryb@btg.by](mailto:s.hryb@btg.by)