



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

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ,  
ПОДВЕРЖЕННЫХ КОРРОЗИОННОМУ РАСТРЕСКИВАНИЮ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

# ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

17–21 октября 2022 г.  
г. Кисловодск



# **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, С УЧЁТОМ РАЗВИТИЯ СТРЕСС-КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ. ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КРН**

Пятыгин Антон Сергеевич,  
заместитель начальника производственного отдела защиты от коррозии  
ООО «Газпром трансгаз Югорск»

Общество осуществляет эксплуатационное взаимодействие с:

## газодобывающими предприятиями

ООО «Газпром добыча Ямбург»  
ООО «Газпром добыча Уренгой»  
ООО «Газпром добыча Надым»  
Независимые поставщики газа  
(8 компаний)

## газотранспортными предприятиями

ООО «Газпром трансгаз Сургут»  
ООО «Газпром трансгаз Ухта»  
ООО «Газпром трансгаз Чайковский»  
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

## газораспределительными организациями

**27 748,75 / 925,01**

протяжённость МГ / ГО, км

в т.ч.

**23 419,96 / 4 328,79**

Система «75» / Система «55»

**221 / 1171**

компрессорные цеха / ГПА, ед.

**4 / 24**

станции охлаждения газа / ТХА, ед.

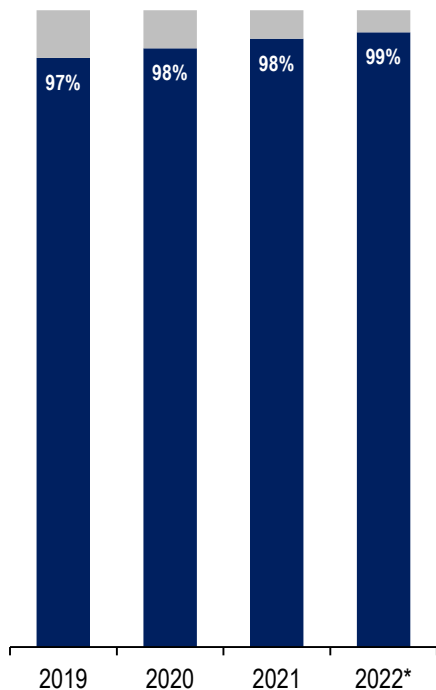
**60**

ГРС, ед.

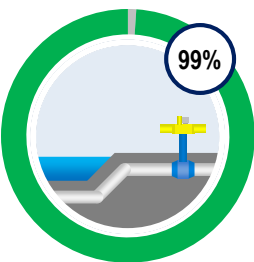


## ЛЧ МГ

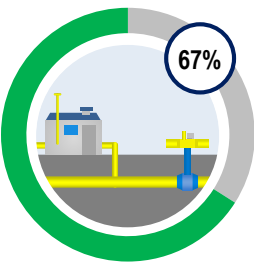
Доля обследованных участков ЛЧ МГ



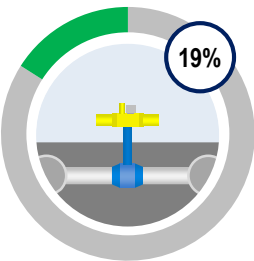
**26 705 / 26 624 км**  
Магистральные газопроводы



**925<sup>1</sup> / 624<sup>2</sup> км**  
Газопроводы-отводы



**118 / 23 км**  
Технологические перемычки



**100%**  
целостности

Средства ВТД:



ВИП

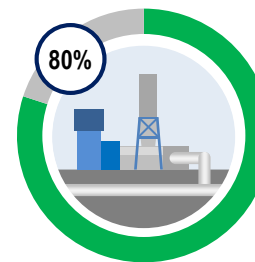
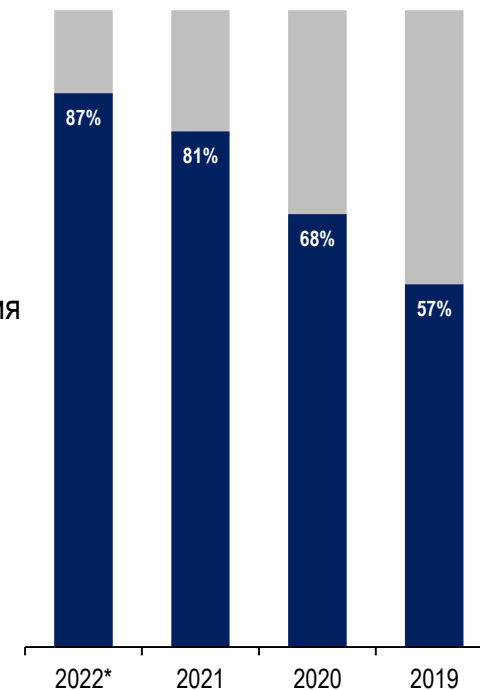


ВРДК

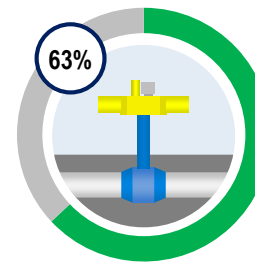
→ Основные направления ВТД  
--> Перспективные направления ВТД

## ТТ КС

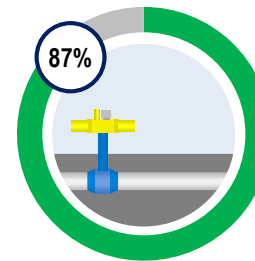
Доля обследованных ТТ КС



**203 / 163 ед.**  
ТПО КС



**203 / 127 ед.**  
Узлы подключения



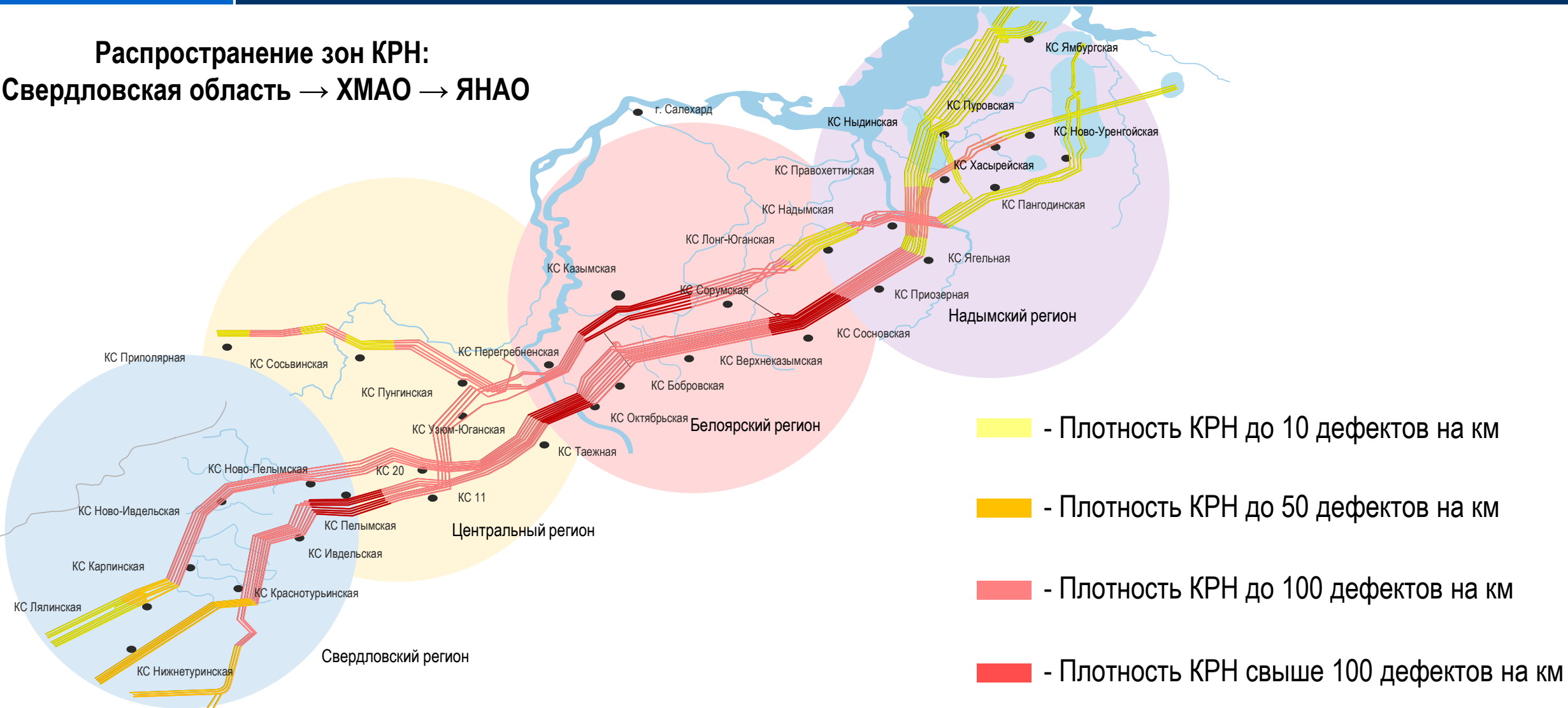
**525 / 457 ед.**  
Подключающие шлейфы

<sup>1</sup> – в т.ч. 184,89 км без возможности проведения ВТД (Диу менее 200 мм)

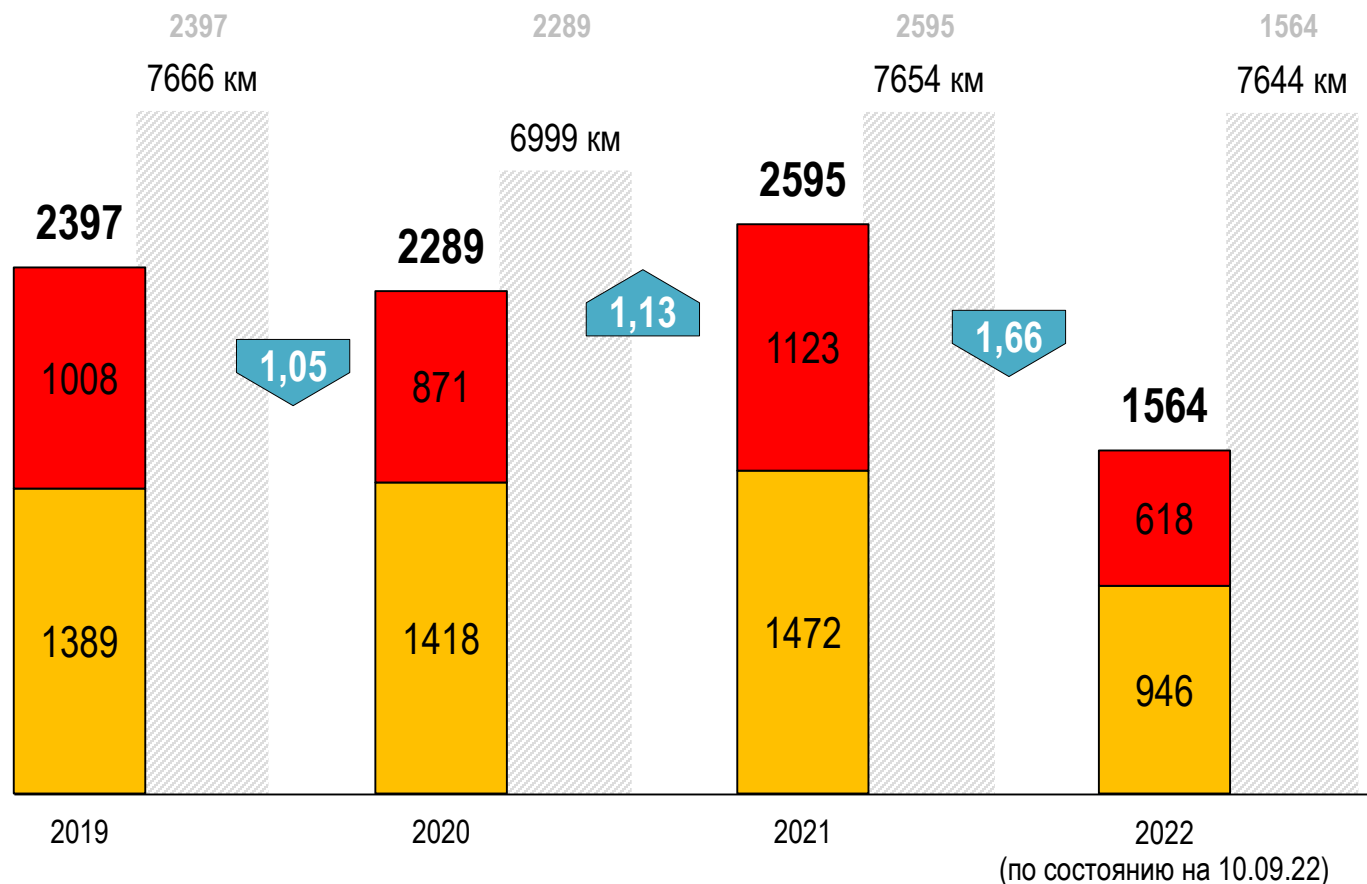
<sup>2</sup> – в т.ч. 90,97 км после КР

\* - по состоянию на 10.09.2022

## Распространение зон КРН: Свердловская область → ХМАО → ЯНАО



## Динамика обнаружения дефектов типа «КРН»



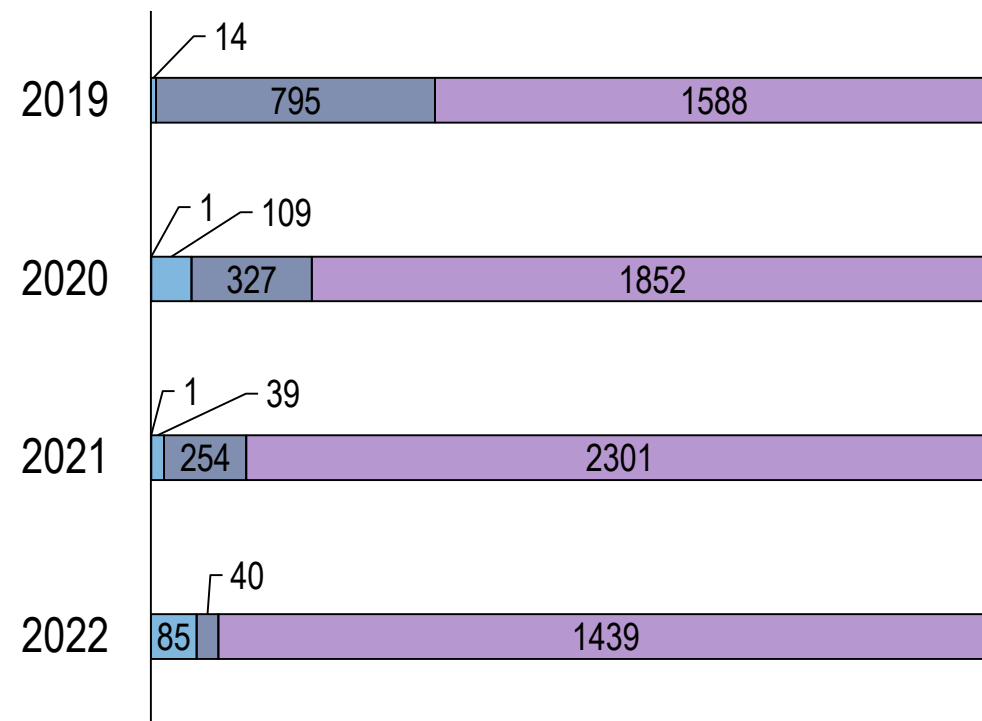
■ Дефекты категории В

■ Дефекты категории А

▨ Фактический объем ВТД

2,3 Множитель прироста дефектов

## Распределение дефектов типа «КРН» по диаметрам труб



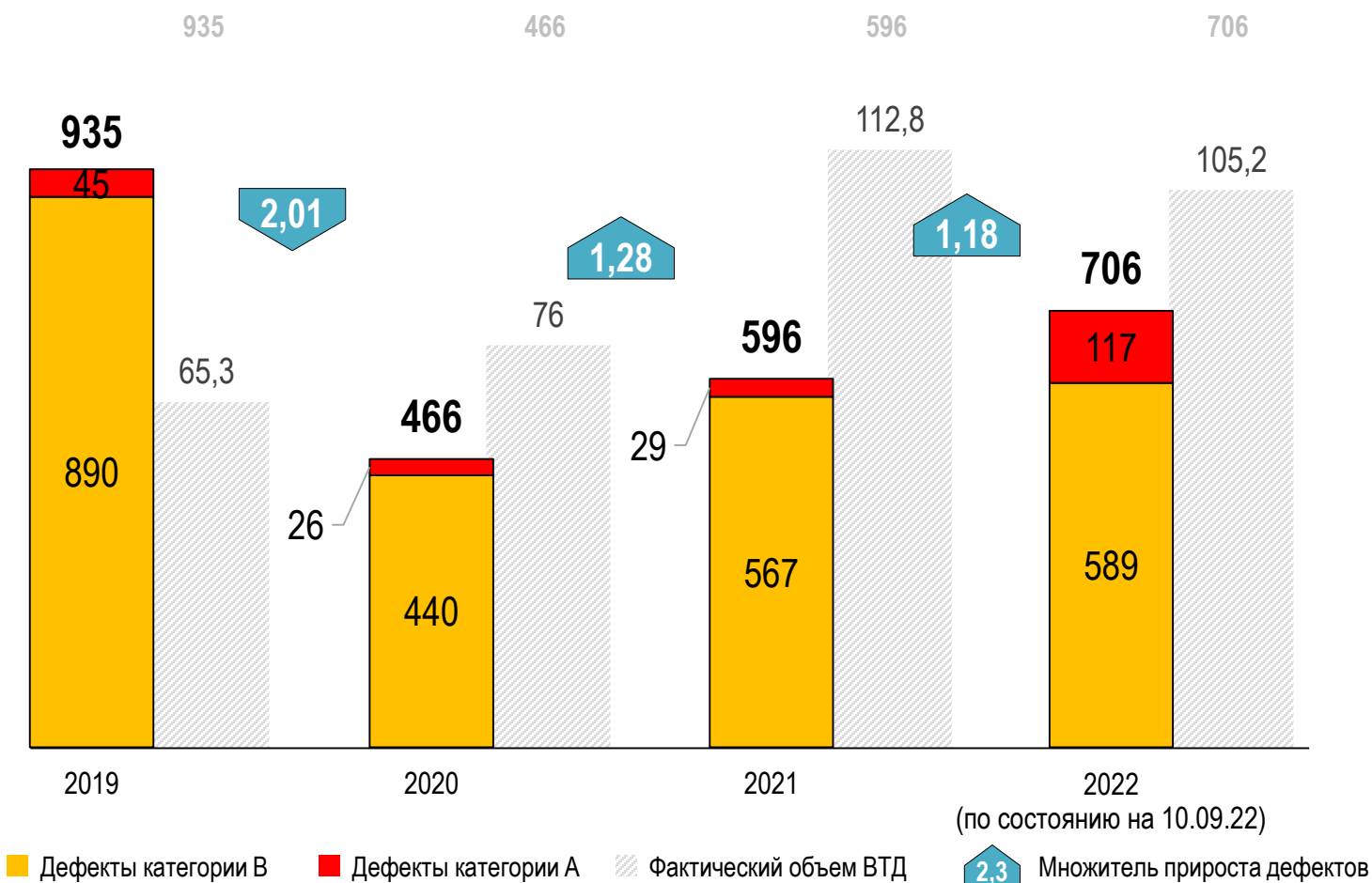
□ Dy 700 и менее

■ Dy 1000

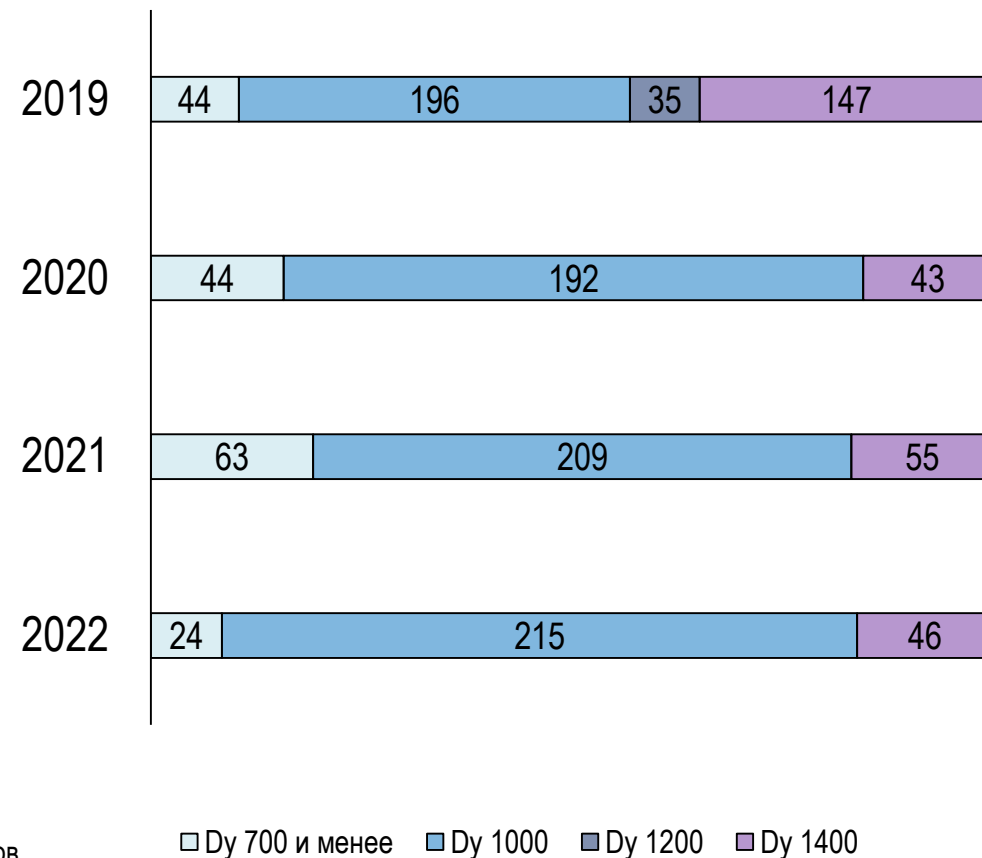
■ Dy 1200

■ Dy 1400

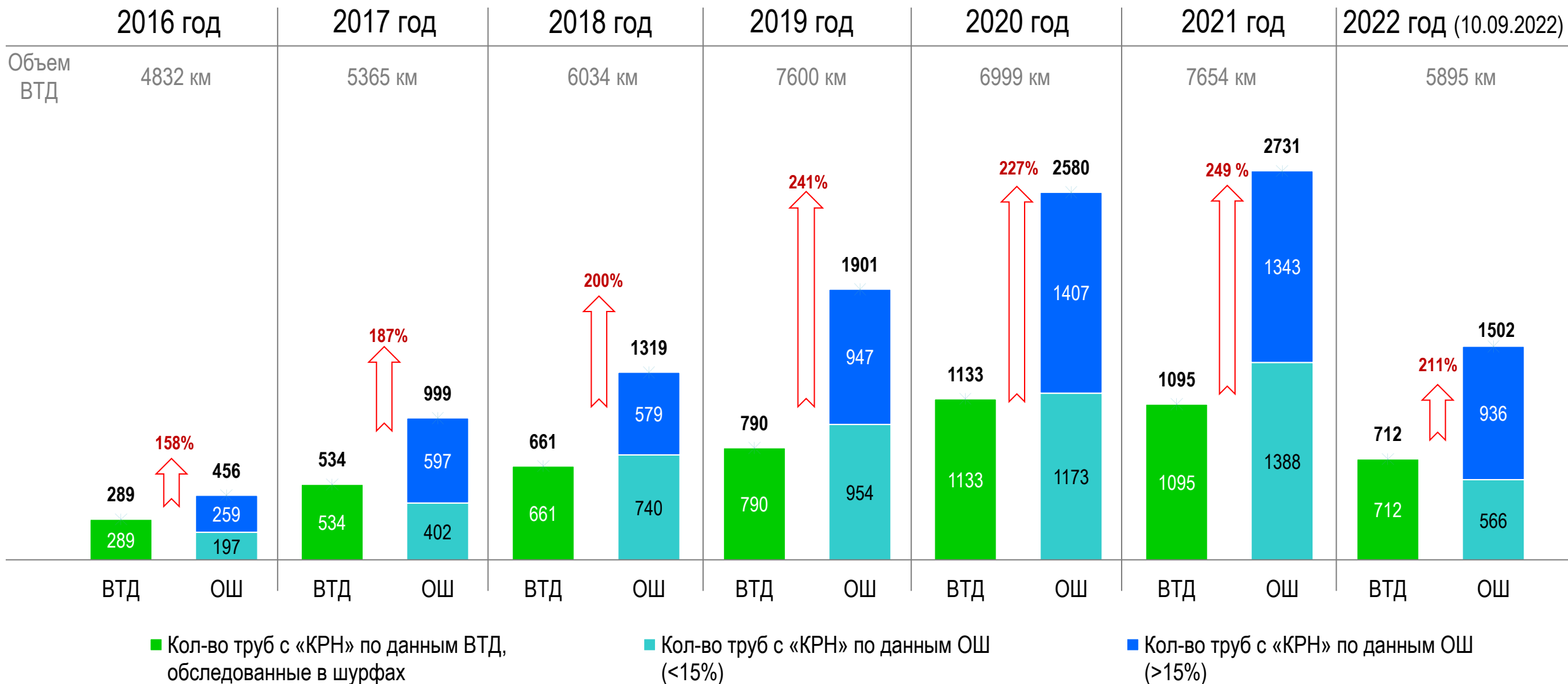
## Динамика обнаружения дефектов типа «КРН»



## Распределение дефектов типа «КРН» по диаметрам труб

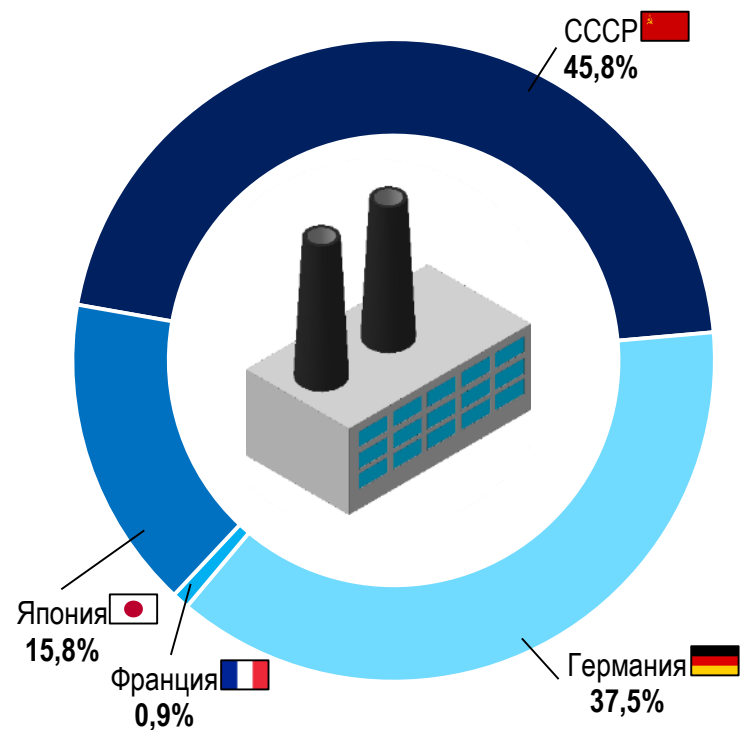


# Анализ обнаруженных и отремонтированных труб с дефектами типа «КРН» при РВП

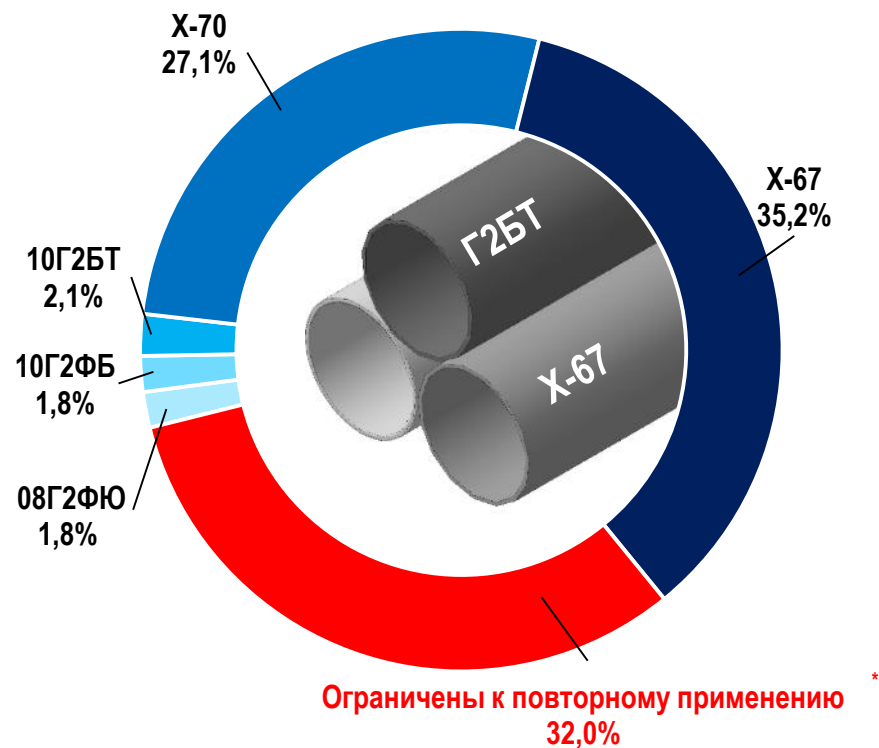




Распределение труб ЛЧ МГ по производителям, %



Распределение труб ЛЧ МГ по маркам стали, %



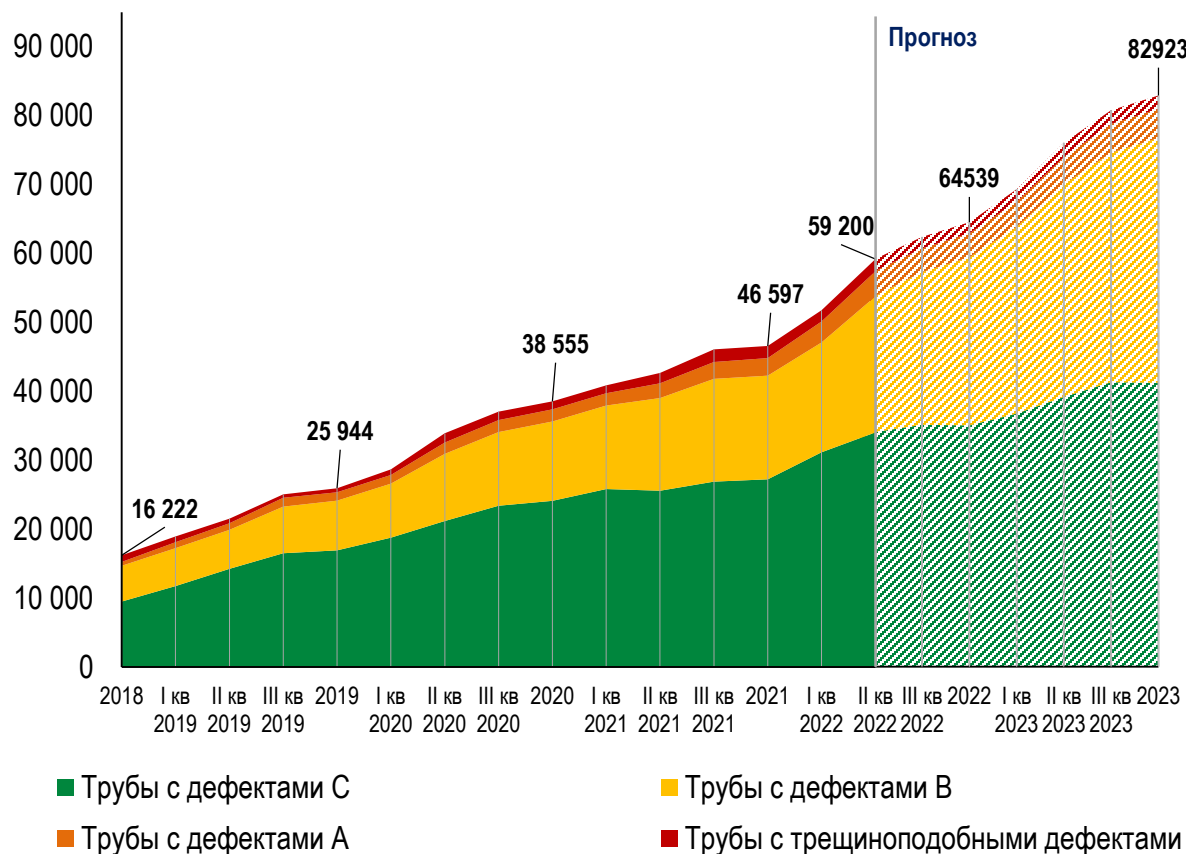
\* Марки стали, имеющие ограничения к повторному применению согласно п.5.3 СТО Газпром 2-2.3-1178-2019 «Регламент подготовки и проведения ремонта бывших в эксплуатации труб с нанесением защитного покрытия»: (19Г, 14ГН, 16ГН, 15Г2С, 14Г2САФ, 16Г2САФ, 17Г2СФ, 17Г2САФ, 17Г2АФ, 18Г2САФ, 14ХГС, "Ц" (Чешского производства))

Общая структура труб на ЛЧ МГ

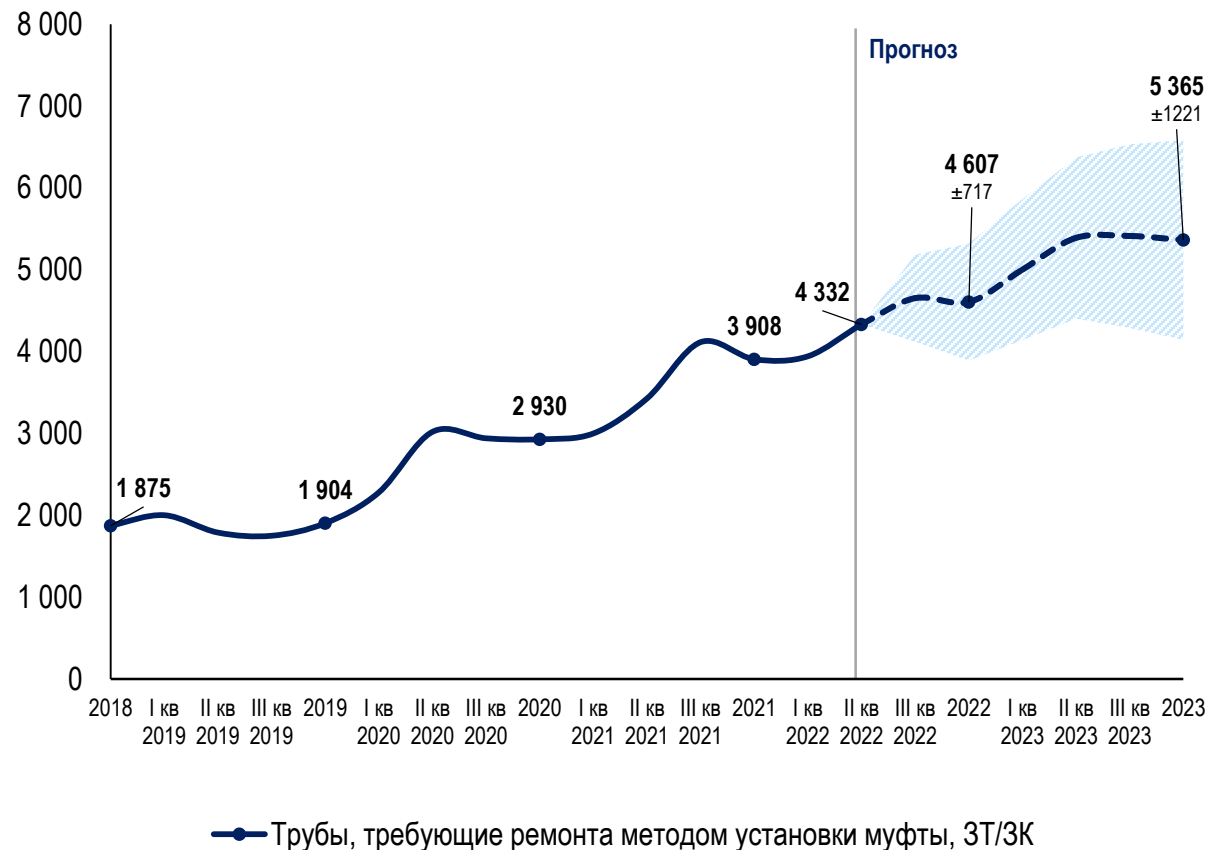
№ п/п	Характеристика	Протяженность
1	Общая протяженность труб	27 748 км
2	С пленочной изоляцией	19 216 км (69%)
	<i>из них ограничены к повторному применению</i>	4 941 км (18%)
3	Ограничены к повторному применению	8 879 км (32%)
4	Без дополнительных ограничений	4 594 км (17%)

# Динамика изменения и прогноз количества дефектных труб на ЛЧ МГ

**Количество труб с расчетным сроком обследования менее 5 лет (без учета Системы 25)**



**Количество труб, требующих ремонта методом установки муфт, ЗТ/ЗК согласно отчетам ВТД (без учета Системы 25)**



## СТО Газпром 2-2.3-292-2007

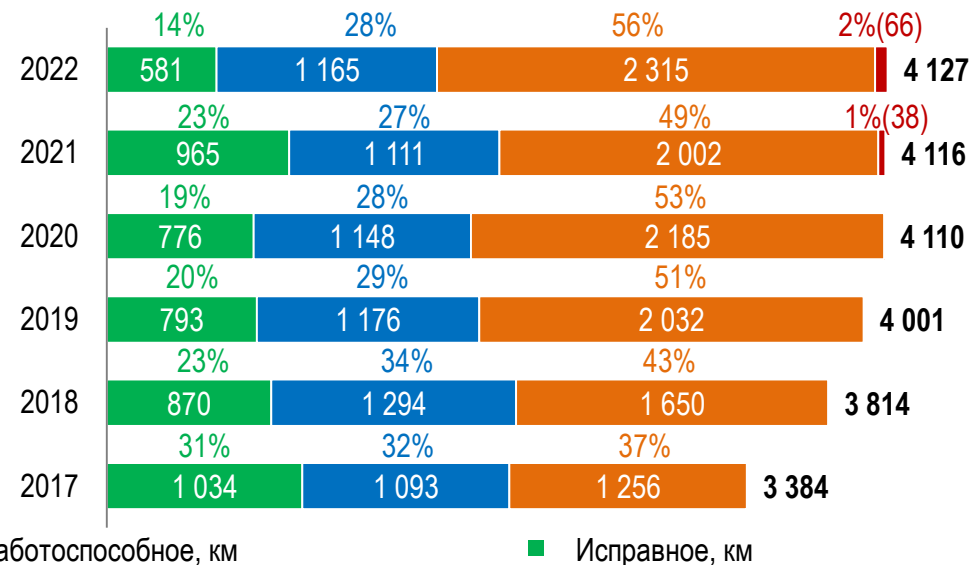
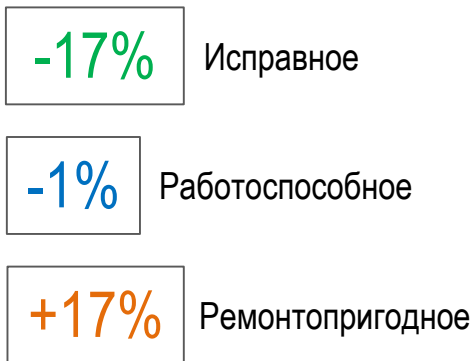
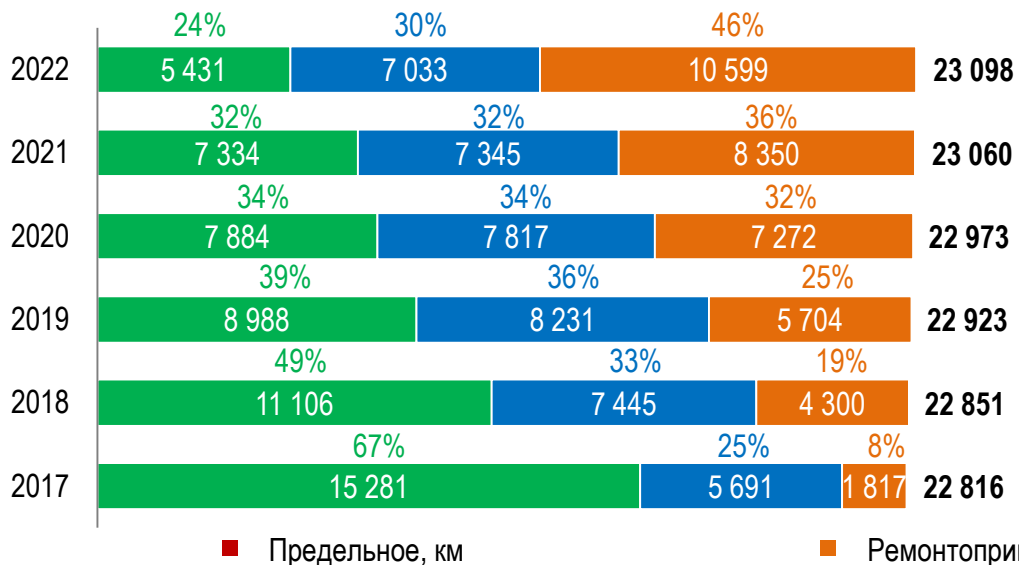
ПТС	Оценка технического состояния участка МГ	Рекомендуемые мероприятия
≤ 0,03	Исправное	Выборочный ремонт с преимущественным применением технологий ремонта, не требующих остановки транспорта газа
0,03-0,06	Неисправное-работоспособное	Текущий (восстановительный) ремонт
0,06-0,3	Неработоспособное-ремонтпригодные	Комплексный (локально-протяженный) ремонт участка с частичной заменой труб
> 0,3	Предельное	Вывод линейного участка МГ в ремонт с полной заменой труб

## Техническое состояние участков, обследованных средствами ВТД

### Система 75

### Система 55/25

### Динамика изменения ТС ЛЧ МГ за 2022 г.



## Построение картографической модели с набором пространственных данных факторов и их градаций

Установление значений факторов и их градаций в местах образования дефектов КРН на участках ЛЧ МГ

Расчет информативности факторов

Выбор факторов, влияющих на образование дефектов

Формирование геопрограммной модели из наиболее значимых факторов

Построение серии факторных карт с учетом весовых коэффициентов

Сложение факторных карт

Выделение потенциально опасных участков, ранжирование по степени опасности

## Выбор факторов, влияющих на образование дефектов

Построение серии факторных карт



### Технико-технологические факторы

Марка стали

Конструкция трубы

Завод изготовитель

Конструкция изоляции

$D_n, H, P_{пр}, P_{раб}$

Год ввода в эксплуатацию

Расстояние от КС

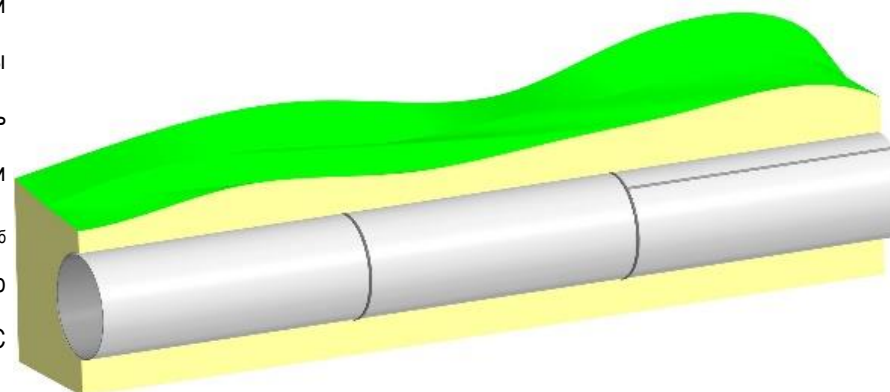
### Природные факторы

Рельеф

Водотоки

Грунты

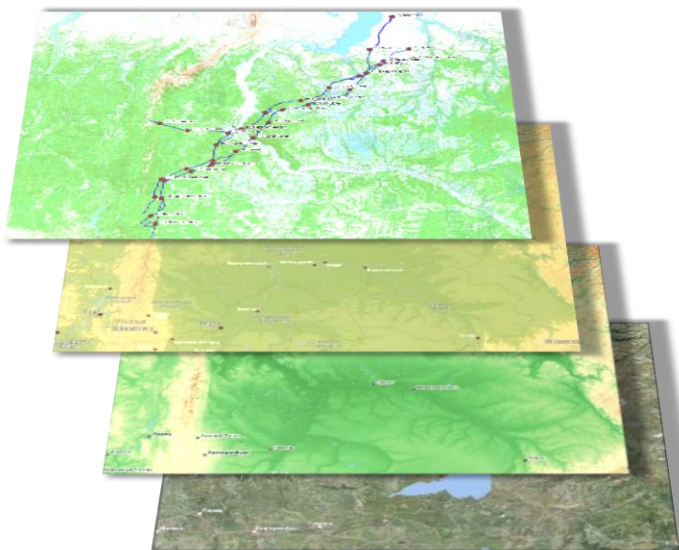
Температура грунта



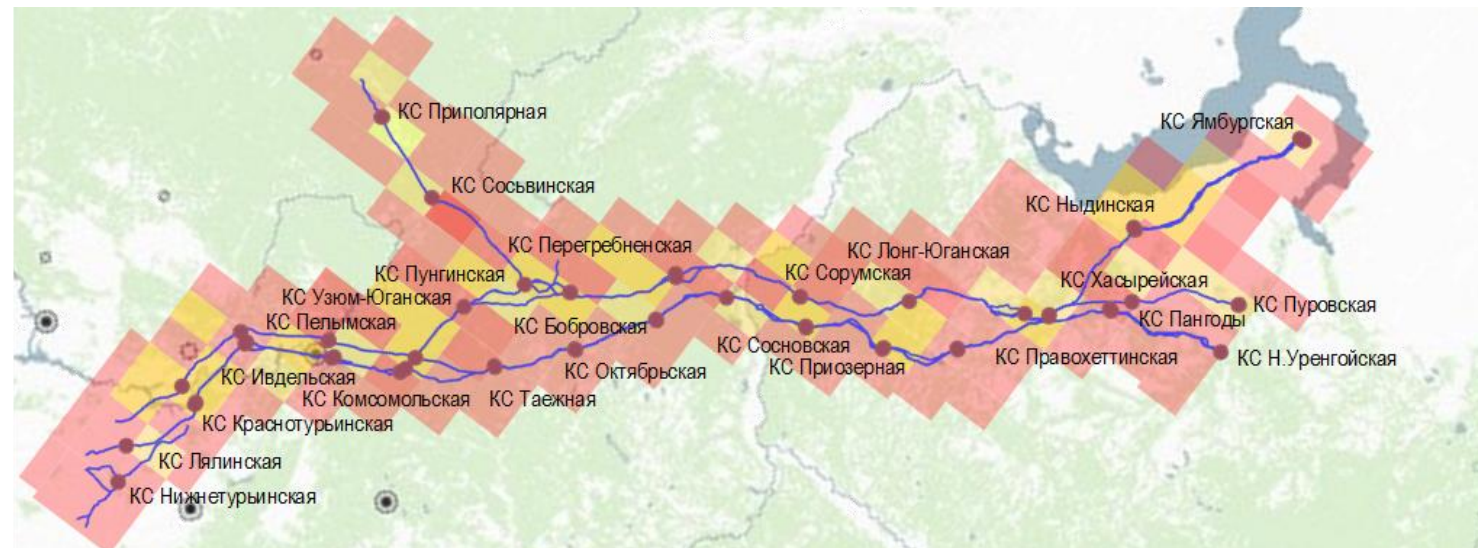
# Модель прогнозирования аварийно-опасных участков магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением

Примеры карт по факторам воздействия

Пример карты прогнозируемых областей влияния условий местности на развитие дефектов КРН



- Факторы КРН:
- Рельеф
  - Водотоки наземные
  - Почвы
  - ...
  - Фактор КРН N



## Комплекс организационно-технических мероприятий

1. Сбор и систематизация исходных данных о ранее отремонтированных участках магистральных газопроводов

2. Создание геопространственной модели магистральных газопроводов

3. Прогнозирование участков магистральных газопроводов с глубокими стресс-коррозионными дефектами, путем распознавания соответствующих образов

4. Повышение точности прогнозирования доли труб, подверженных КРН для планирования работ по капитальному ремонту МГ за счет применения технологии нейросетевого моделирования

## Факторы, влияющие на образование и выявление стресс-коррозионных дефектов ТТ КС

### Факторы образования и развития дефектов

№ п/п	Фактор	Оказываемое влияние
1	Конструктивное исполнение: полнапорность цеха, количество ГПА	Большая нагрузка на выходную обвязку ГПА из-за более высоких вибрации и температуры газа
2	Изготовитель трубы: ТУ иностранных производителей до 1980 года	Имеют низкие прочностные характеристики
3	Срок эксплуатации объекта: свыше 30 лет	Износ изоляции, развитие усталости трубы
4	Состояние ЭХЗ: не исправность ЭХЗ	Повышение агрессивности коррозионной среды
5	Тип изоляции: пленочная	Подвержена скорому износу
6	Тип грунта: глина, суглинок	Грунты с низкими фильтрационными свойствами способствуют развитию КРН

### Факторы выявления дефектов

№ п/п	Фактор	Влияющий показатель
7	Проведение шурфовок в зоне распространения дефектов	Трубопроводы выходной части КЦ имеют большие эксплуатационные нагрузки
8	Проведение металлографии	Лабораторные испытания темплетов
9	Наличие стресс-коррозионных дефектов на шлейфах	Указывает на территориальную предрасположенность объекта к образованию стресс-коррозионных дефектов
10	Наличие стресс-коррозионных дефектов на ЛЧ МГ в пределах ±10 км от КЦ	Указывает на территориальную предрасположенность объекта к образованию стресс-коррозионных дефектов

# Объекты с высокой вероятностью обнаружения стресс-коррозионных дефектов

	№ п/п	Фактор	Бобровская, КЦ-7	Верхнеказымская, КЦ-2	Сосновская, КЦ-4	Приозерная, КЦ-7	Сорумская, КЦ-3
Образование и развитие	1	Конструктивное исполнение цеха	Полнонапорный, 4 ГПА Ц-16	✓ Полнонапорный, 5 ГПА Ц-16	✓ Полнонапорный, 5 ГПА Ц-16	✓ Полнонапорный, 4 ГПА Ц-16	✓ Полнонапорный, 3 ГПА Ц-25
	2	Изготовитель трубы	Италия, ТУ 28/40/48-74 IT	✓ Япония, ТУ 20/28/40/48-79 HC	✓ Япония, ТУ 20/28/40/48-79 HC	✓ Италия, ТУ 28/40/48-74 IT	✓ Италия, ТУ 28/40/48-74 IT
	3	Срок эксплуатации объекта	37 лет	✓ 38 лет	✓ 35 лет	✓ 33 года	✓ 45 лет
	5	Тип изоляции	Пленочная	✓ Пленочная	✓ Пленочная	✓ Пленочная	✓ Пленочная
	6	Тип грунта	Суглинок	✓ Суглинок	✓ Суглинок	⚠ Супесь	✓ Суглинок
	Обнаружение	8	Проведение шурфовок в зоне распространения дефектов	Имеются	✗ Нет	✓ Имеются, выявлены трещины	✗ Нет
7		Проведение металлографии	Имеется	-	✗ Нет	-	-
9		Наличие стресс-коррозионных дефектов на шлейфах	4 дефекта на 3 элементах	✗ Не выявлено	✗ Не выявлено	⚠ Не обследованы	✓ 33 дефекта на 16 элементах
10		Наличие стресс-коррозионных дефектов на ЛЧ МГ в пределах ±10 км от КЦ	86 дефектов на 54 элементах	⚠ 1 дефект на 1 элементе	✓ 903 дефекта на 732 элементах	✓ 38 дефектов на 13 элементах	✓ 95 дефектов на 44 элементах
	11	Год актуальной ВТД	2021	2017	2018	Отсутствует	2017
	12	Год следующей ВТД	-	2023	2024	2022	2023



Фактор соответствует условиям образования/обнаружения стресс-коррозионных дефектов полностью



Фактор соответствует условиям образования/обнаружения стресс-коррозионных дефектов частично



Фактор не соответствует условиям образования/обнаружения стресс-коррозионных дефектов

# Дефект, выявленный на КЦ-7 КС Бобровская

Схема расположения КСС №39 КЦ-7 КС Бобровская

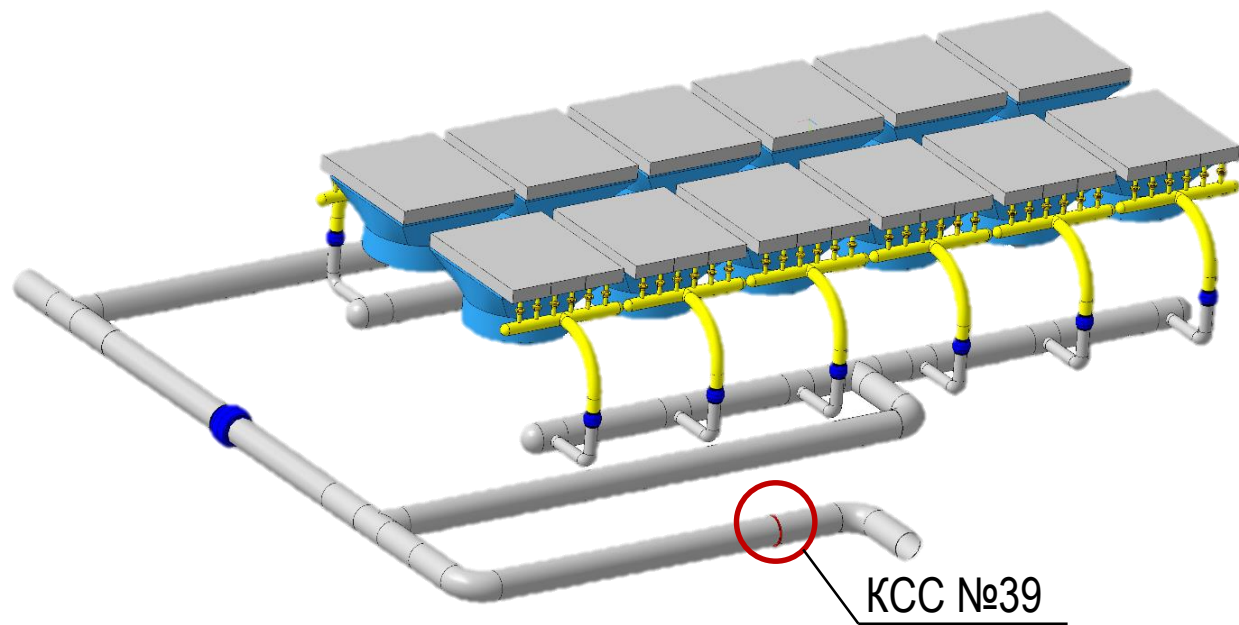
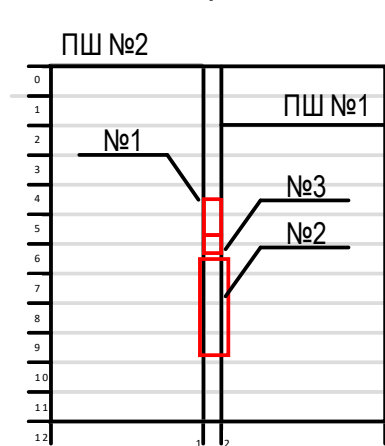
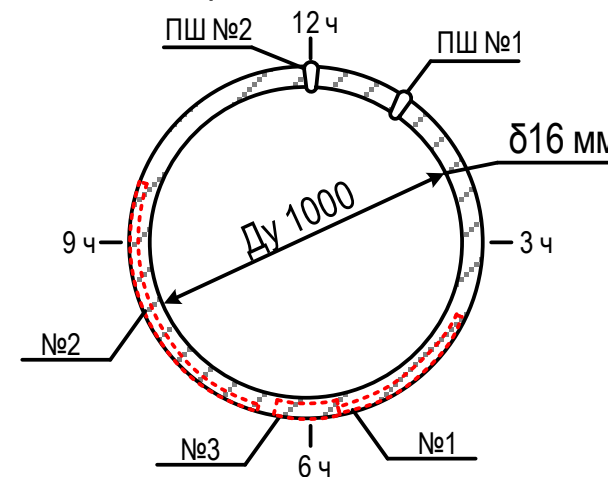


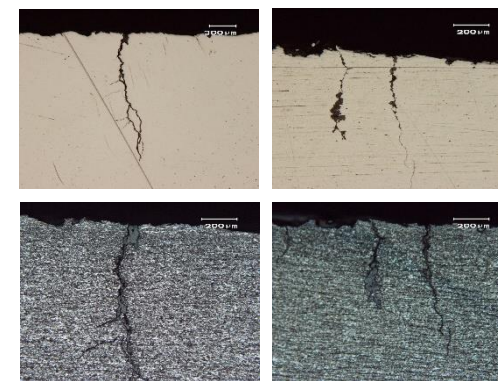
Схема расположения выявленных дефектов на КСС



Кольцевое сварное соединение №39  
(трещина глубиной до 12 мм)



Микроструктура трещиноподобных дефектов

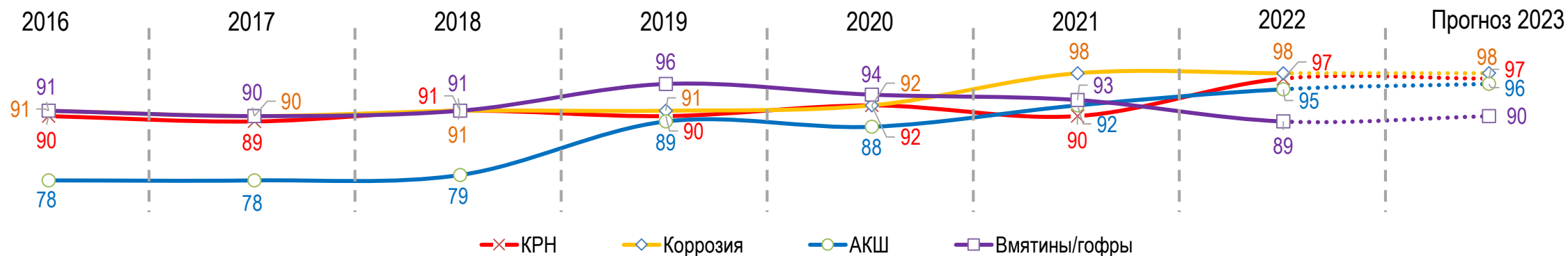


Труба 1.44

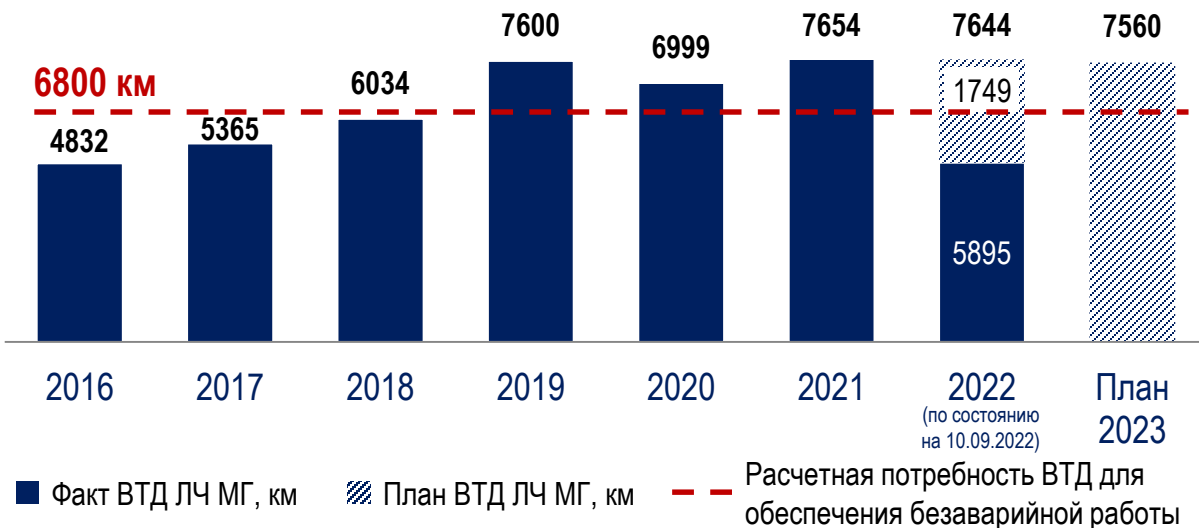
Труба 1.50



## Фактическая вероятность распознавания дефектов (%)



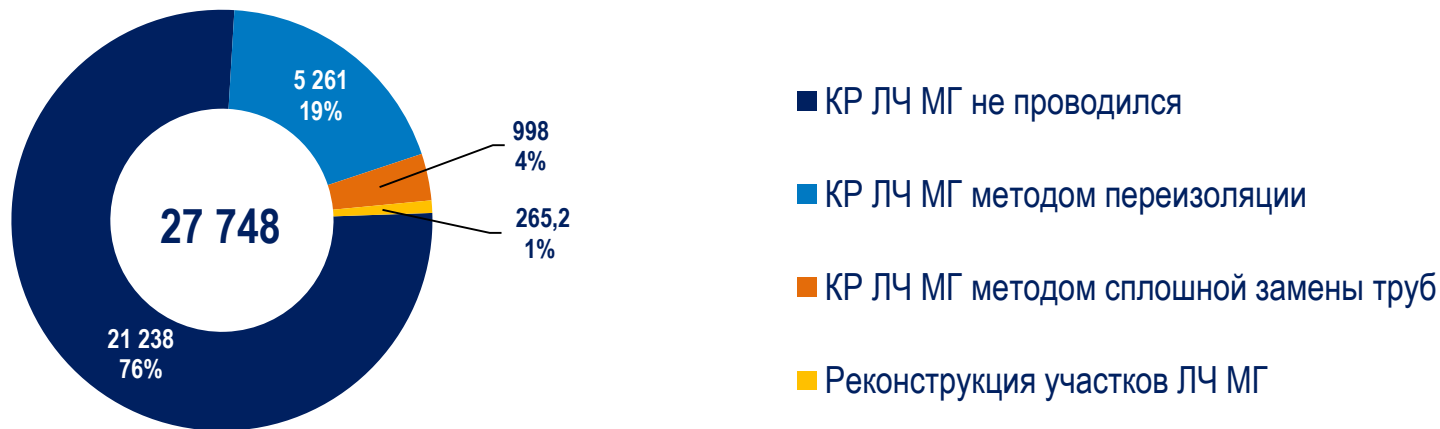
## Объем ВТД ЛЧ МГ, км



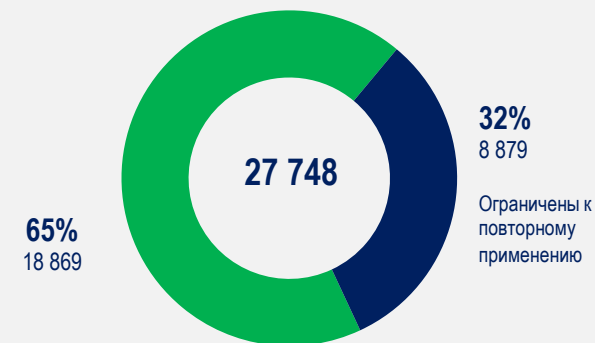
## Периодичность проведения ВТД ЛЧ МГ, лет



## Капитальный ремонт на ЛЧ МГ за весь период эксплуатации



## Распределение труб ЛЧ МГ по маркам стали, км



Марки стали, имеющие ограничения к повторному применению согласно п.5.3 СТО Газпром 2-2.3-1178-2019 «Регламент подготовки и проведения ремонта бывших в эксплуатации труб с нанесением защитного покрытия»: (19Г, 14ГН, 16ГН, 15Г2С, 14Г2САФ, 16Г2САФ, 17Г2СФ, 17Г2САФ, 17Г2АФ, 18Г2САФ, 14ХГС, "Ц" (Чешского производства))

## Объёмы ремонта и количество устраненных дефектов на ЛЧ МГ

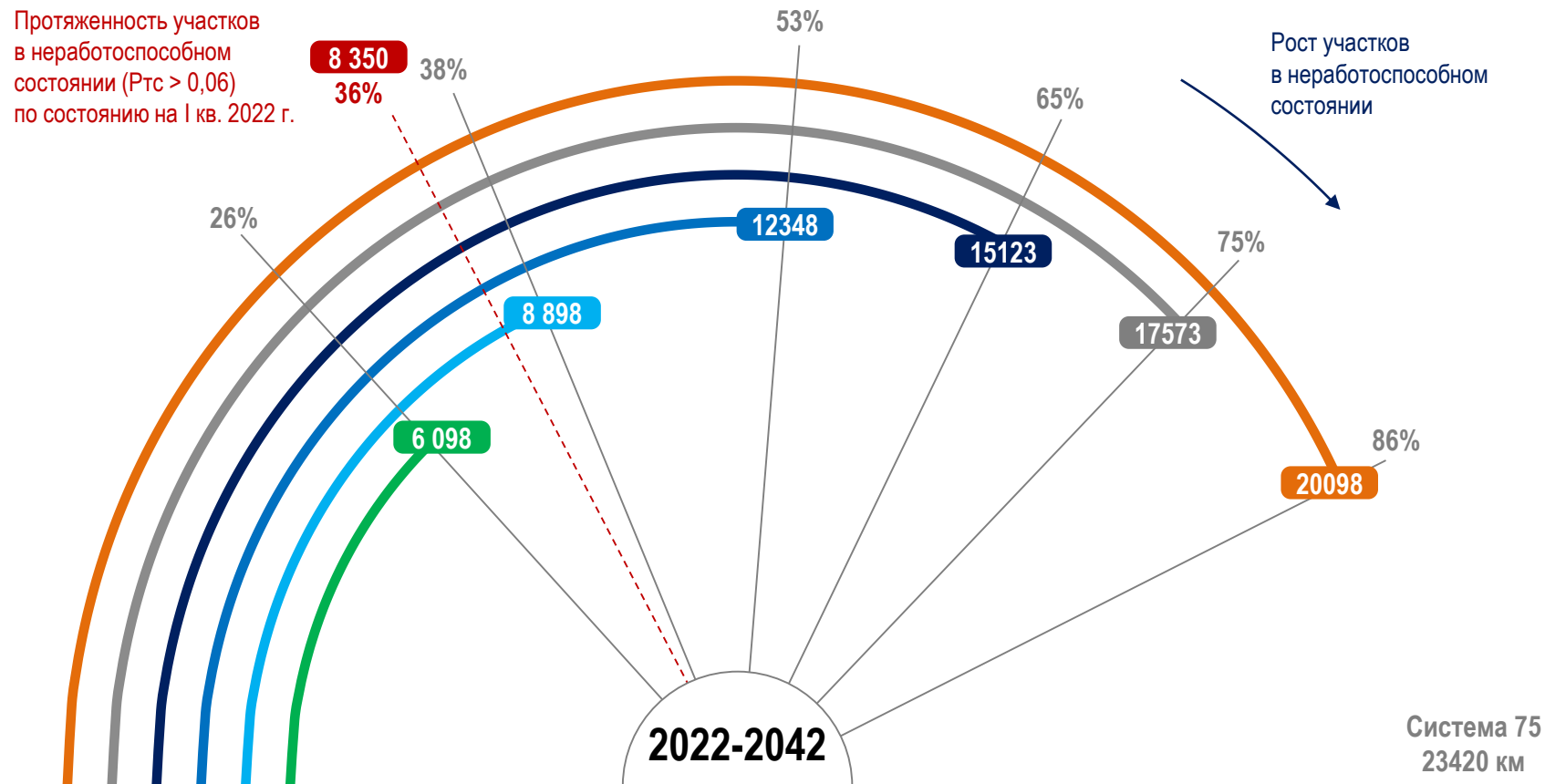


В процессе длительной эксплуатации происходит изменение физико-механических свойств трубных сталей в части снижения ударной вязкости KCV, снижения пластичности, что приводит к зарождению трещин.

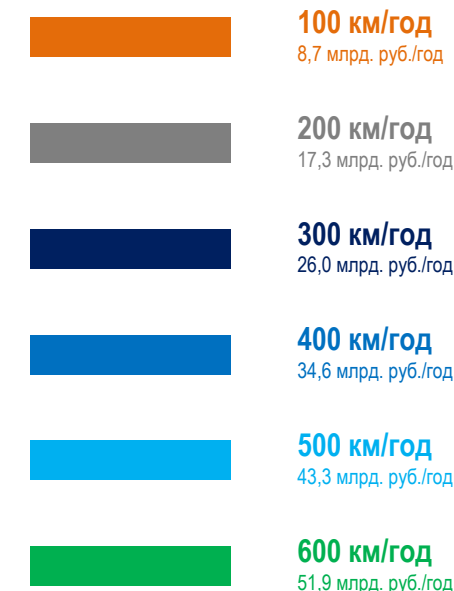
# Прогноз объёма ремонта ЛЧ МГ системы 75, необходимого для поддержания текущего уровня технического состояния

## Прогноз изменения технического состояния ЛЧ МГ системы 75 в перспективе 20 лет в зависимости от ежегодного объёма КР методом сплошной замены труб

Протяженность участков в неработоспособном состоянии ( $R_{тс} > 0,06$ ) по состоянию на I кв. 2022 г.



### Объем ремонта



### Допущения расчетной модели:

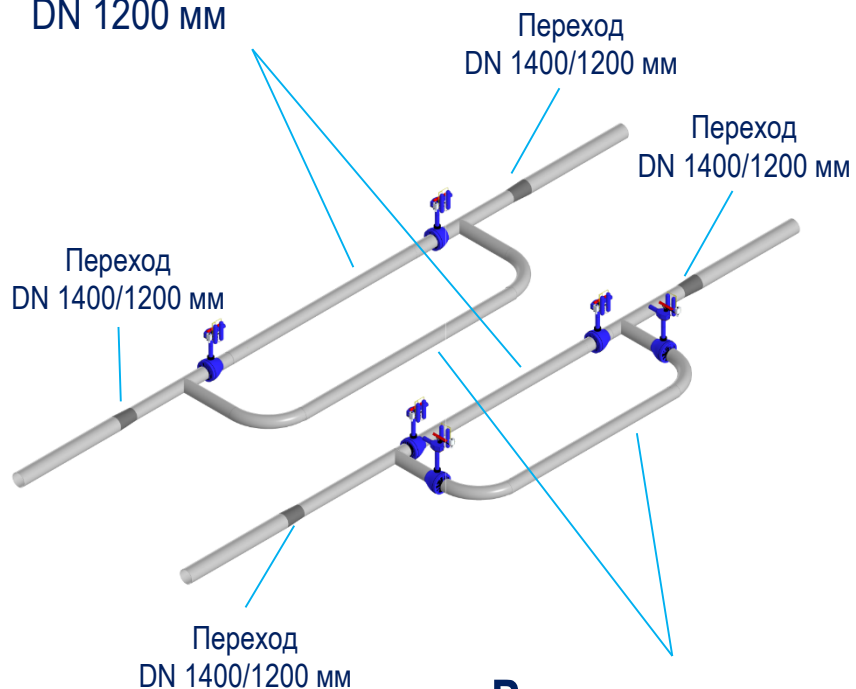
1. Скорость роста дефектов на МКУ постоянна на всем горизонте планирования и соответствует нормированным значениям Р Газпром 2-2.3-691-2013
2. Средний расчетный срок проведения ВТД – 3,9 лет

Дополнительно выполняются РВР собственными силами на участках ЛЧ МГ общей протяженностью **более 9000 км**

## До реконструкции

### Основная нитка

DN 1200 мм



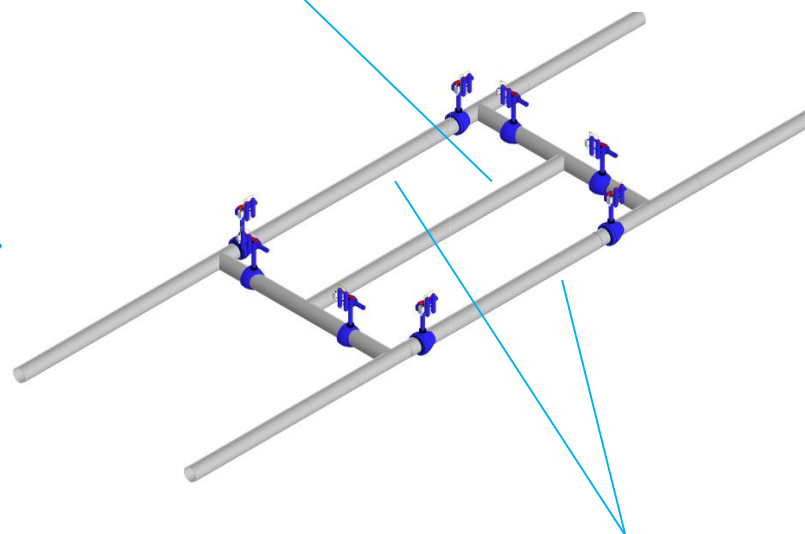
### Резервная нитка

DN 1200 мм

## После реконструкции

### Резервная нитка

DN 1400 мм



### Основная нитка

DN 1400 мм

# 50

Основных ниток  
подводных переходов  
DN 1400/1200 мм

Предполагаемый эффект

- ✓ Возможность проведения ВТД с применением стационарных КЗПОУ
- ✓ Сокращение затрат на ДТОиР ПП

## Консервация системы 55/25



ООО «Газпром трансгаз Югорск» разработаны сценарии последовательного вывода в консервацию участков системы 55/25 кгс/см<sup>2</sup>

## Основные характеристики

**2 713**

Протяженность участков ЛЧ МГ, предлагаемых для консервации, км

**231**

Межкрановый участок (в т.ч 64 участок, требующий проведения РВР)

**14**

Переподключаемых потребителей

## Предполагаемый эффект

**12,9** млрд. руб

Сокращение затрат на проведение ДО и РВР на участках системы 55/25 кгс/см<sup>2</sup>



Повышение технического состояния за счет проведения РВР на участках, предлагаемых для ТТР

ООО «НИИгазэкономика» проведена **предварительная** оценка эффективности сценариев реконструкции и капитального ремонта ГТС с использованием современных технологий транспорта газа при давлении 120 атм



## Основные характеристики:

- 11 600** Протяженность газопроводов системы «75» подлежащих ремонту, км
- 5 895** Протяженность газопроводов системы «120» после реконструкции, км
- 240** Объём транспорта газа, млрд м<sup>3</sup>/год

## Предполагаемый эффект

**180** млрд. руб Чистый дисконтированный доход за рассматриваемый период (до 2043 года)



Снижение эксплуатационных затрат, в т.ч. на капитальный ремонт и топливно-энергетические ресурсы

- Продолжить развитие внутритрубных снарядов в области повышения достоверности идентификации трещиноподобных дефектов.
- Рассмотреть возможность увеличения объемов капитального ремонта на участках ЛЧ МГ в целях поддержания надежного уровня технического состояния (от достигнутых на сегодняшний день объемов 150-200 км до 500 км ежегодного выполнения).
- Продолжить применение КРН-ингибирующей грунтовки Деком-ИНГ, в составе конструкции битумно-полимерного термостойкого покрытия на основе материала Деком-РАМ, на локальных участках ремонта хозяйственным способом для обеспечения продления жизненного цикла трубной продукции.
- Рассмотреть сценарные подходы по повышению эффективности долгосрочной эксплуатации ГТС:
  - реконструкция и капитальный ремонт с использованием современных технологий транспорта газа при давлении 120 атм;
  - техническое перевооружение подводных переходов (замена на равнопроходные, оптимизация количества);
  - вывод в консервацию участков системы 55/25.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.**