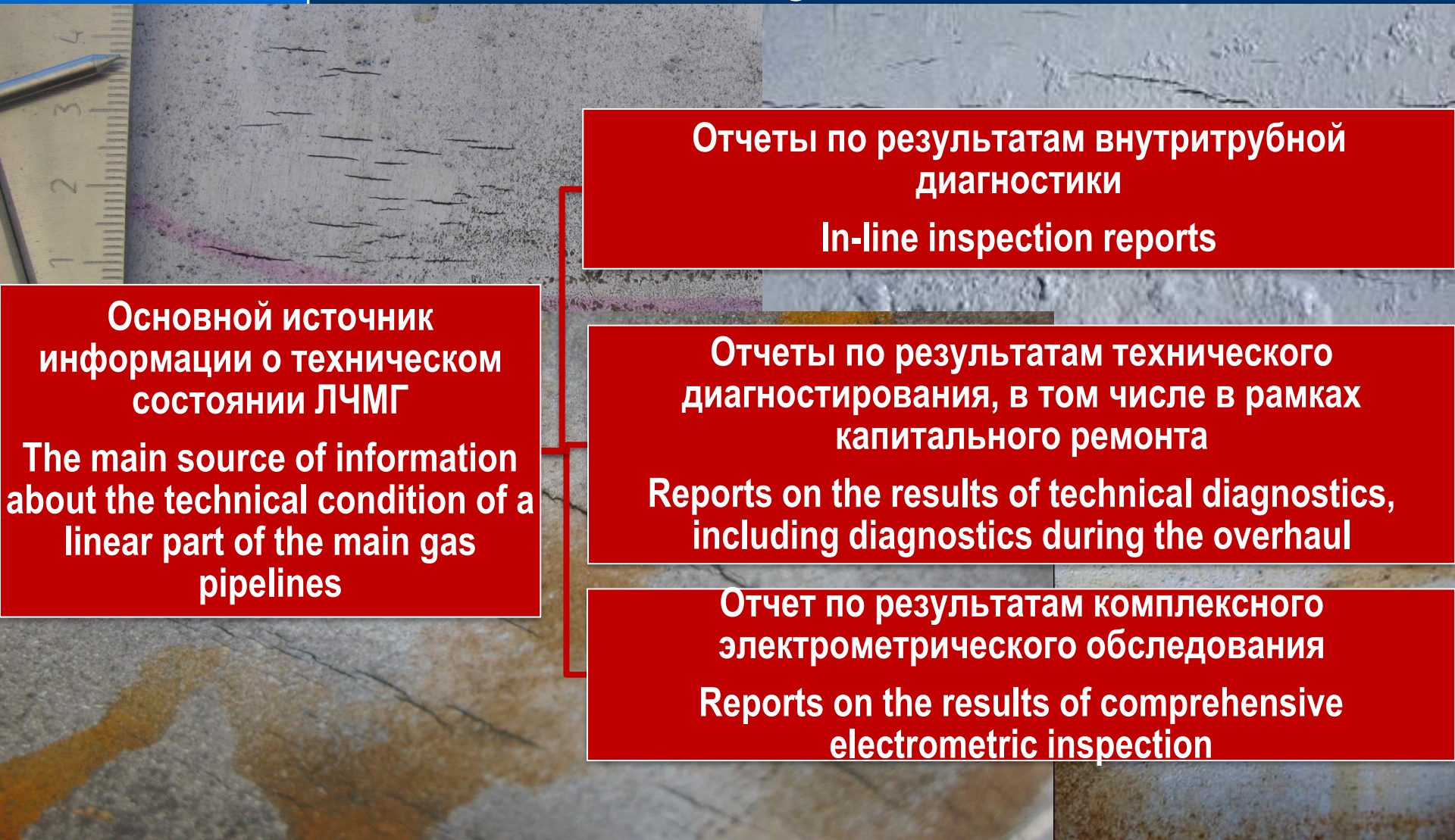


**«Прогнозирование возникновения дефектов КРН линейной части МГ на основе результатов технического диагностирования»**

**«Prediction of defects of stress corrosion cracking on a linear part of the main gas pipelines based on the results of technical diagnostics»**

**Докладчик: Качура Назар Анатольевич  
Инженерно-технический центр  
ООО «Газпром трансгаз Сургут»**

**Delegate: Kachura Nazar Anatolevich  
Technical and Engineering Center  
Gazprom Transgaz Surgut, LLC**



**Основной источник информации о техническом состоянии ЛЧМГ**

**The main source of information about the technical condition of a linear part of the main gas pipelines**

**Отчеты по результатам внутритрубной диагностики**

**In-line inspection reports**

**Отчеты по результатам технического диагностирования, в том числе в рамках капитального ремонта**

**Reports on the results of technical diagnostics, including diagnostics during the overhaul**

**Отчет по результатам комплексного электрометрического обследования**

**Reports on the results of comprehensive electrometric inspection**

Необходимость достоверного определение участков ЛЧМГ, предрасположенных к возникновению КРН, с указанием значения вероятности.

The need to determine sections of a linear part of the main gas pipelines predisposed to occurrence of stress corrosion cracking (SCC).

З  
А  
Д  
А  
Ч  
И

О  
Б  
Ј  
Е  
С  
Т  
І  
V  
E  
S

- создание базы данных по техническому состоянию ЛЧМГ;
- автоматизация процесса обработки информации и оценки технического состояния ЛЧМГ;
- разработка предложений по повышению точности автоматизированного процесса прогнозирования вероятности возникновения КРН.
- to build a database on technical condition of a linear part of the main gas pipelines;
- to automatize the information processing and evaluation of technical condition of a linear part of the main gas pipelines;
- to develop proposals to improve the accuracy of the automated process for predicting of defects of stress corrosion cracking

# Искусственная нейронная сеть (ИНС) Artificial neural networks (ANNs)

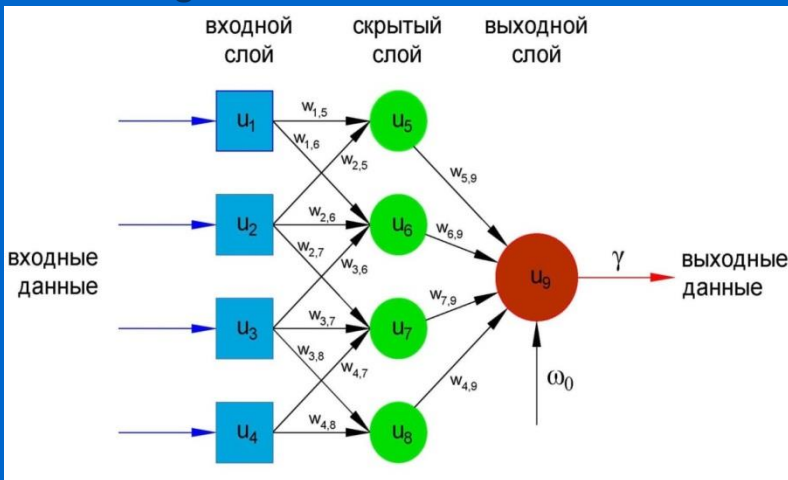
Система соединенных и взаимодействующих между собой простых элементов – искусственных нейронов.

A collection of connected units or nodes called artificial neurons, which loosely model the neurons in a biological brain.

Скрытые и выходные ячейки представляют собой функцию:

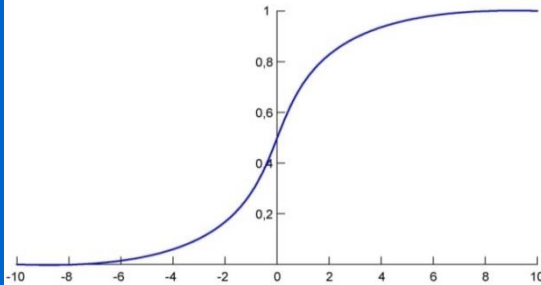
Hidden and output nodes are a function:

$$\gamma = \omega_0 + \sum_{i=1}^i u_i w_i$$



Нейроны скрытого и выходного слоев в качестве входных данных получают суммарную информацию всех нейронов предыдущего слоя, после чего она обрабатывается функцией активации (обычно сигмоид), результат которой выдается на выходе из нейрона.

The nodes of the hidden and output layers receive the summed information of all nodes of the previous layer as input, after which it is processed by an activation function (usually a sigmoid), the result of which is output from the final node.



## Исходные данные Input data

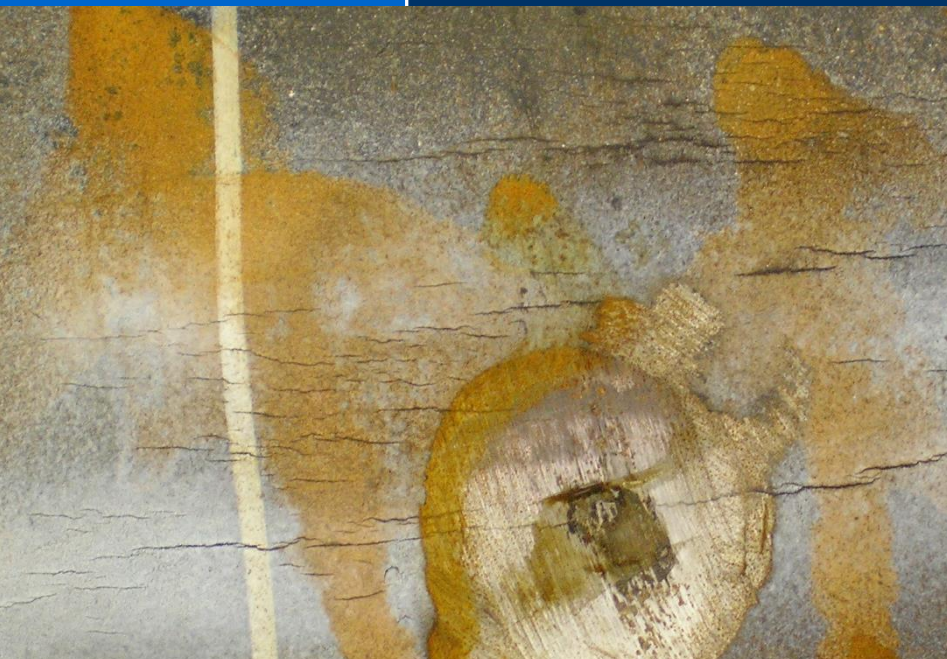


**В 2017 году для сбора вводных данных на участок МГ «Комсомольское-Сургут-Челябинск» I нитка использовались данные диагностики предыдущих лет:**

1. Технический отчет по результатам пропуска диагностического комплекса «МДПР – 1400», «МДР – 1400», Д=1420мм МГ Комсомольское-Сургут-Челябинск;
2. Ведомости дефектов труб №1 по участку газопровода МГ Комсомольское-Сургут-Челябинск 1 нитки, Туртасского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Сургут»;
3. Технический отчет по проведению коррозионного комплексного периодического обследования ООО «Газпром трансгаз Сургут» Туртасское ЛПУ КС-8.

**In 2017 we used reports on the results of previous diagnostics to build an input data:**

1. Report on the results of in-line inspection of the main gas pipeline
2. Report on the results of non-destructive testing of elements of the main gas pipeline
3. Report on the results of periodic corrosion inspection of the main gas pipeline



Показатель		Min значение	Max значение
Глубина КРН, мм	Depth of SCC, mm	0,9	2,4
Длина КРН, мм	Length of SCC, mm	50	11600
Ширина КРН, мм	Width of SCC, mm	40	640
Глубина трещин относительно толщины стенки, % SCC depth relative to wall thickness, %		5,5	14,7

# Показатели вероятности возникновения КРН

## Probability indicators of SCC occurrence

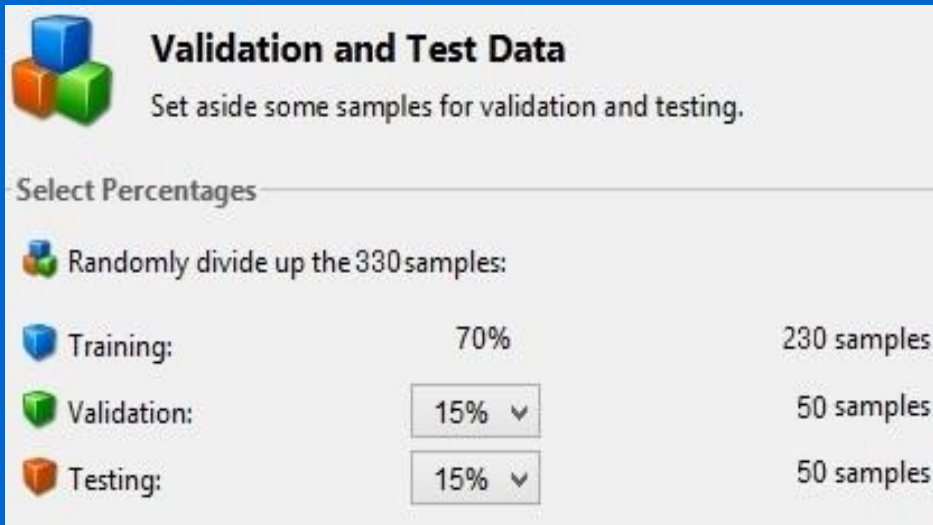
Факторы, использованные для входных данных Factors used for input data		Факторы, не использованные для входных данных Factors not used for input data	
Удаленность МГ от КС	Distance from compressor station	Наружный диаметр и толщина стенки	Outside diameter of pipeline and wall thickness
Удельное сопротивление грунта	Soil resistivity	Проектное давление	Design pressure
pH грунта	Soil pH	Отношение фактического давления МГ к проектному	Actual pressure to design pressure ratio
Разность потенциалов «труба-земля»	Potential difference "pipe-ground"	Тип изоляционного покрытия	Insulation materials type
Катодный ток	Cathode current	Срок службы изоляционного покрытия	Insulation materials life
Анодный ток	Anode current	Тип грунта	Soil type
Наличие дефектов изоляционного покрытия	Insulation materials defects	Аварии и отказы по причине КРН	Accidents and failures due to SCC
Наличие водотоков	The presence of watercourses		
Уровень грунтовых вод	Ground water level		
Концентрацию сульфидсодержащих соединений	Concentration of sulfide-containing compounds		
Концентрацию карбонатсодержащих соединений	Concentration of carbonate-containing compounds		
Проникновение водорода	Hydrogen penetration		

Для использования в ИНС была создана выборка исходных данных, с масштабированием некоторых переменных для ее репрезентативности, с последующей загрузкой в программную среду MATLAB.

We used for ANNs input data with adjusting the weights to improve the accuracy of the result. The network was organized with MATLAB.

Для обучения ИНС были загружены 330 примеров с разбивкой на обучающие, контрольные и тестовые.

We used 330 samples for learning ANNs: training, validation and testing samples.



**Validation and Test Data**  
Set aside some samples for validation and testing.

Select Percentages

Randomly divide up the 330 samples:

Category	Percentage	Number of Samples
Training:	70%	230 samples
Validation:	15% ▼	50 samples
Testing:	15% ▼	50 samples

До начала обучения ИНС, помимо количества входных и выходных нейронов, необходимо определить оптимальное количество слоев скрытых нейронов и алгоритм оптимизации.

Before start learning we determine number of hidden layers and way of optimization.

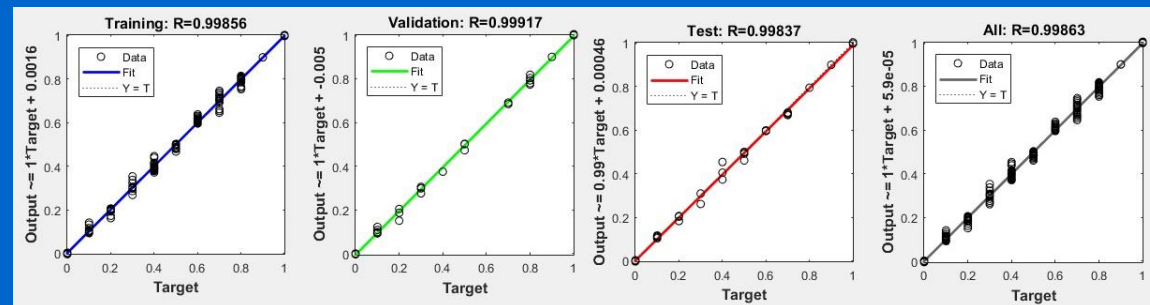
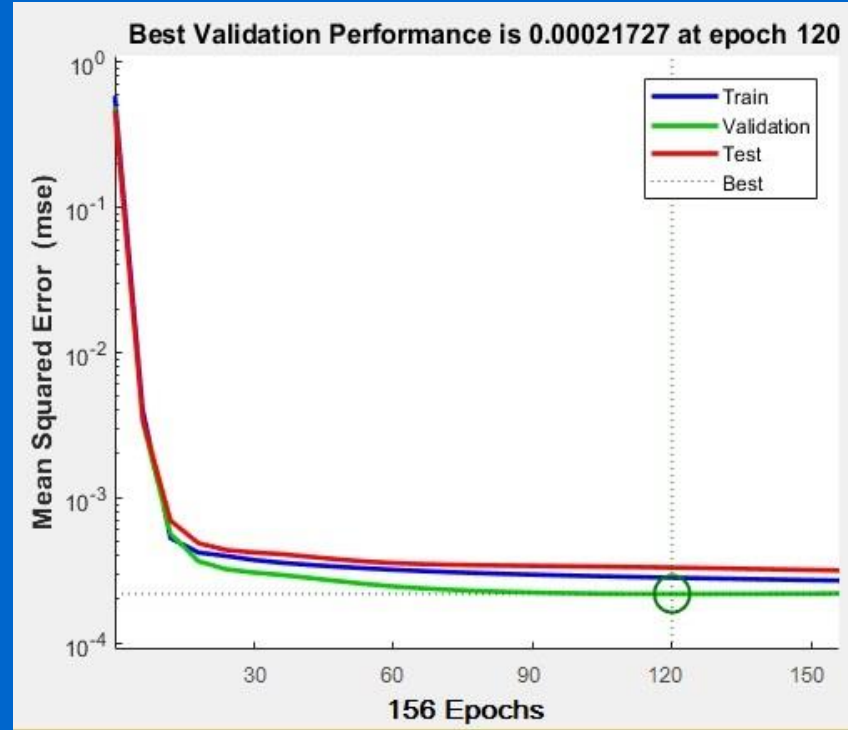


Обучение ИНС было прекращено на 120 эпохе по достижении удовлетворительной погрешности.

Best validation performance reaches at 120 epoch. Learning ends.

ИНС определяет на выходе вероятность возникновения КРН в диапазоне [0,1], где 0 – минимальная вероятность, а 1 – максимальная.

The network rates the probability of appearance of stress corrosion cracking defects in in range from 0 to 1.



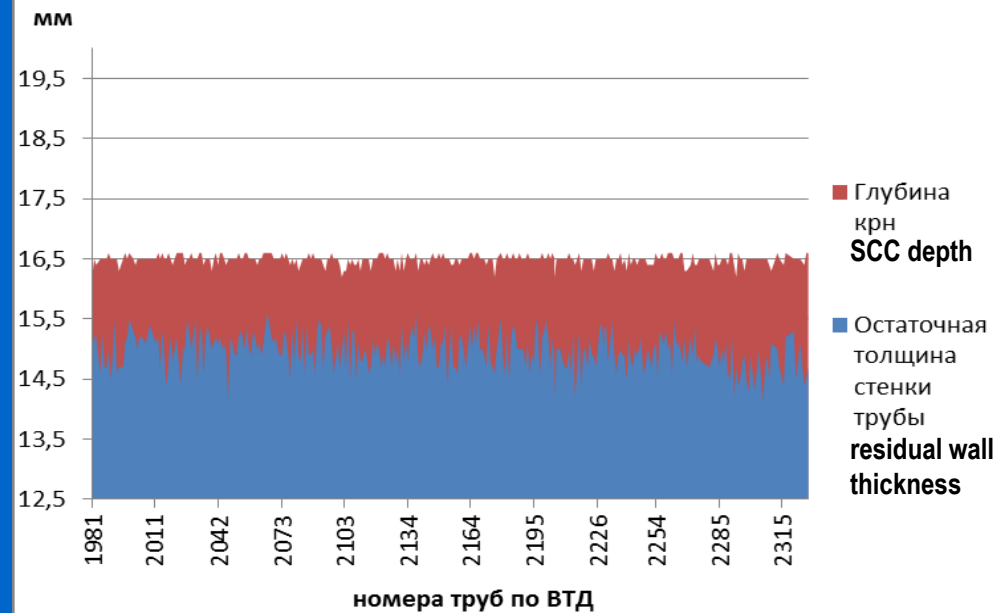
В момент первичного обучения в 2017 году результаты работы ИНС нельзя было считать оптимальными для универсального прогнозирования вероятности возникновения КРН, в связи с возникшими сложностями при подготовке исходных данных.

After learning in 2017 network still needs optimization to become suitable for all linear parts of the main gas pipelines. We need to improve the input data base.

Results			
	Samples	MSE	R
Training:	230	2.81142e-4	9.98562e-1
Validation:	50	2.17272e-4	9.99168e-1
Testing:	50	3.30035e-4	9.98370e-1

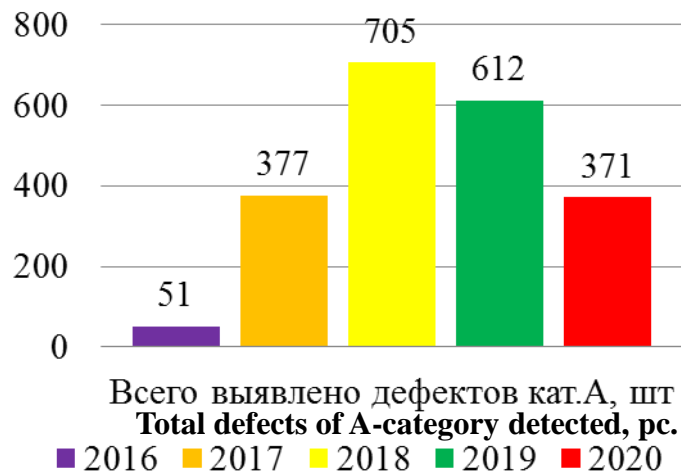
В связи с относительно равномерным распределением КРН по толщине трубы на рассматриваемом участке, ИНС обучалась на близких по значению данных.

We learned ANNs with close in value data. SCC parameters were not so much variable.

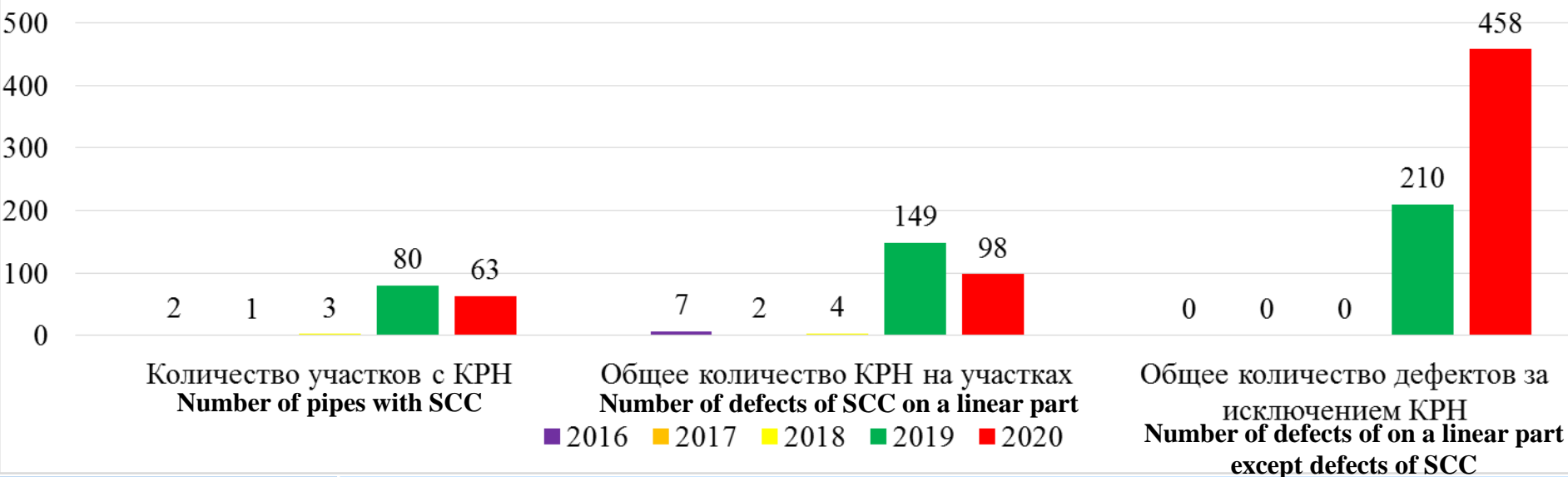


Распределение глубины КРН по участку трубопровода  
SCC depth relative to residual wall thickness

# Динамика выявления КРН в ООО «Газпром трансгаз Сургут» за 2016 – 2020 гг. Diagnostic dynamics in period of 2016-2020

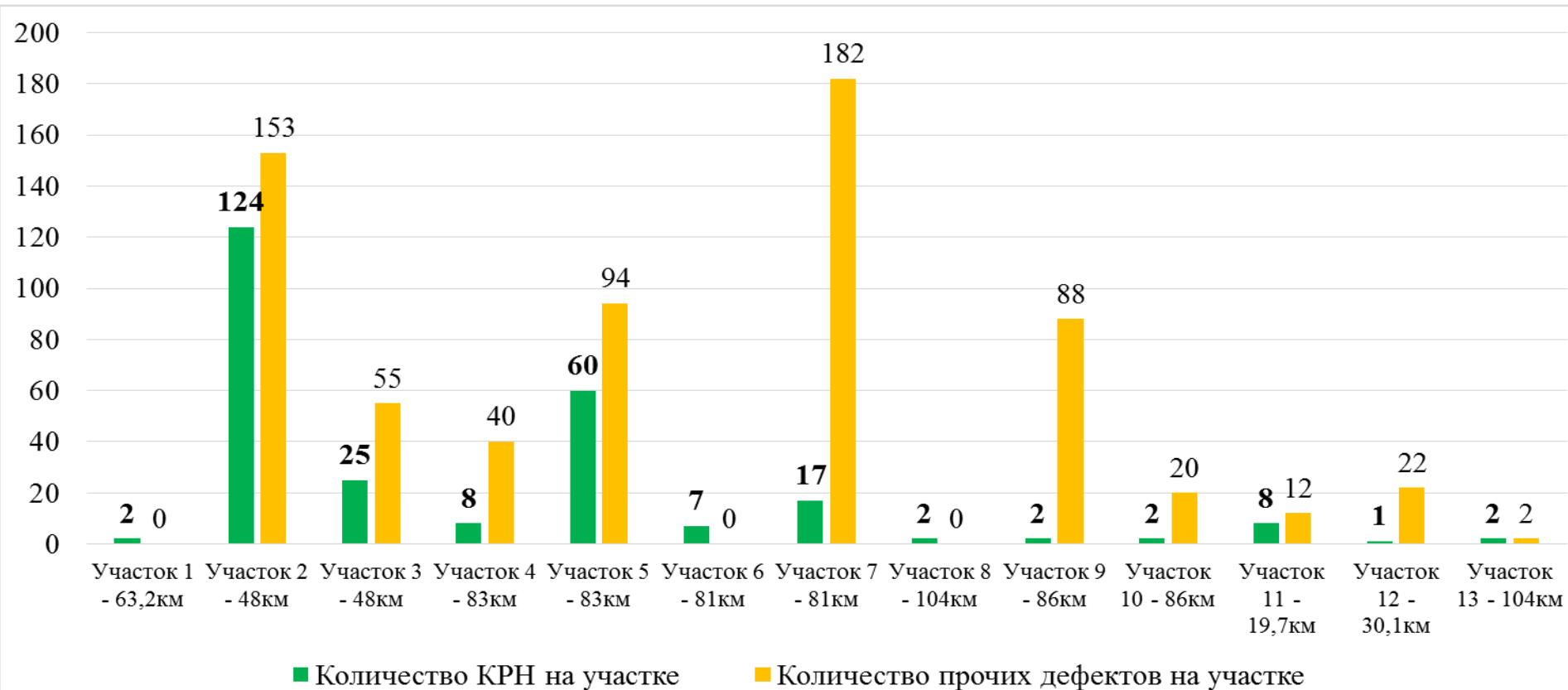


За 2019 и 2020 год появилось больше новых данных по КРН на линейной части. Резкое увеличение выявляемых участков с КРН в том числе связано со сменой подрядчика и диагностической точностью оборудования.  
We got much more information about defect of SCC on a linear part of the main gas pipelines in 2019 and 2020.  
It's also connected with change of company which makes in-line inspection and accuracy of used equipment.



На основе данных выявленного КРН в 2019 и 2020 годах проведено дообучение ИНС. Точность прогнозирования увеличилась на 5%.

Input data base was updated with description of defects of SCC in 2019 and 2020. New network learning increased it's correctness in 5%.



1. Необходимо анализировать среду всей протяженности линейной части магистральных газопроводов ООО «Газпром трансгаз Сургут»: измерять концентрацию сульфидсодержащих соединений, концентрацию карбонатсодержащих соединений; измерять содержание водорода, поглощенного проникновением в элементы трубопроводов. Эти данные значительно повышают точность прогнозирования еще до проведения ВТД.
  2. Ввести практику сопоставления данных ВТД и электрометрического обследования МГ, с возможностью назначения GPS координат каждой трубной секции, т.к. нумерация труб в имеющихся отчетах ВТД не позволяет достаточно точно соотносить положение труб с наземными участками при проведении электрометрического обследования.
1. Describe soil factors (concentration of sulfide-containing and of carbonate-containing compounds) and hydrogen penetration of all linear part of the main gas pipelines of Gazprom Transgaz Surgut, LLC. It's increase the accuracy of prediction of defects of stress corrosion cracking before in-line inspection
  2. Correlate information from in-line inspection reports and reports on the results of comprehensive electrometric inspection with gps coordinates.

## СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

Качура Назар Анатольевич  
Инженер по наладке и испытаниям  
Лаборатория технической диагностики  
Служба ДМГ и НК  
Инженерно-технический центр  
ООО «Газпром трансгаз Сургут»  
тел. гор. (3462) 75-32-07  
тел. газ. (771) 5-32-07  
E-mail: [KachuraNA@surgut.gazprom.ru](mailto:KachuraNA@surgut.gazprom.ru)

Kachura Nazar Anatolevich  
Maintenance and test engineer  
Technical diagnostic of the main gas pipelines  
and non-destructive testing service  
Technical and Engineering Center  
Gazprom Transgaz Surgut, LLC  
Phone 8(3462) 75-32-07  
E-mail: [KachuraNA@surgut.gazprom.ru](mailto:KachuraNA@surgut.gazprom.ru)