



# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

## Докладчик:

Д.А. Макарычев - заведующий сектором разработки и внедрения инновационных технологий ООО «ЭНТЭ»

## Авторы от ООО «ЭНТЭ»:

Ю.А. Седелев – генеральный директор

## Соавторы от ООО «АКС»:

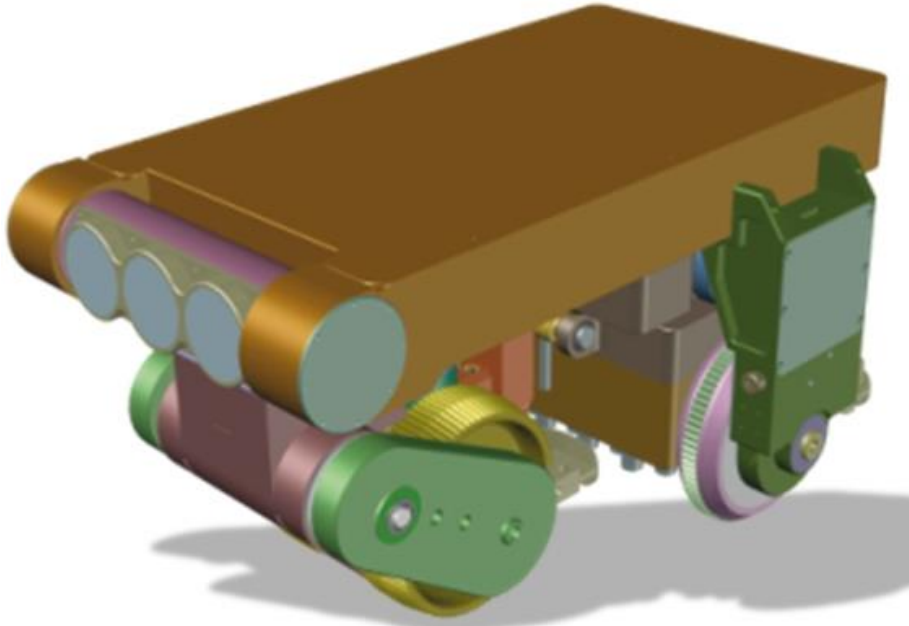
А.А. Самокрутов – генеральный директор

## от ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи»

С.Ю. Ворончихин – генеральный директор



- Внутритрубный контроль трубопроводов **без нарушения их целостности**, осуществляя загрузку Сканера во внутреннюю полость через люк-лазы, свечные линии, технологические отверстия



- Внутритрубный контроль трубопроводов **без дополнительных очистных мероприятий**, при этом, в режиме «обследование», Сканер движется по траектории вдоль трубы, объезжая загрязненные участки

- Управление Сканером и получение диагностических данных осуществляется Оператором **в режиме «реального времени, по радиоканалу»**

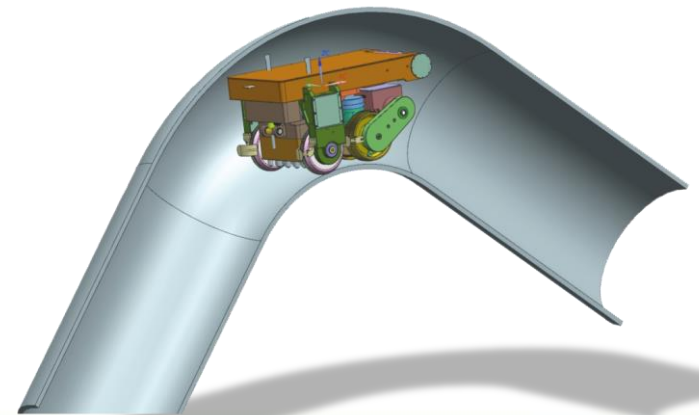
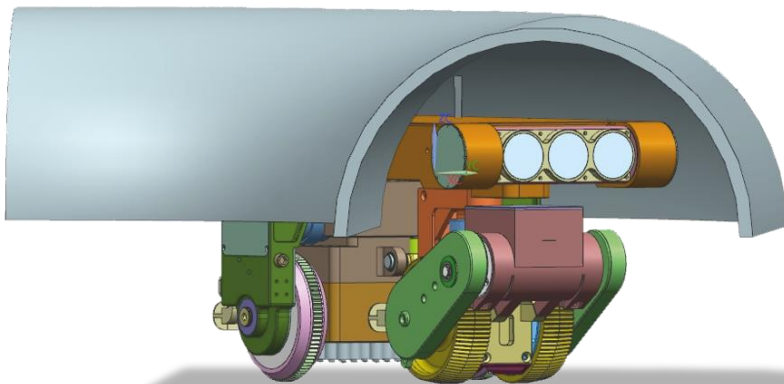
- Прохождение в «транспортном» режиме и обследование элементов трубопроводов различного сортамента (трубы, отводы, тройники, переходы, ЗРА) **Ду 300-1400 мм**

- Обследование основного металла и сварных соединений элементов трубопроводов с применением:
  - 1) Телевизионно-оптической системы (**визуально-измерительный контроль**)
  - 2) Антенных решёток с акустическими датчиками с сухим точечным контактом (**волноводный ультразвуковой контроль**)



# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

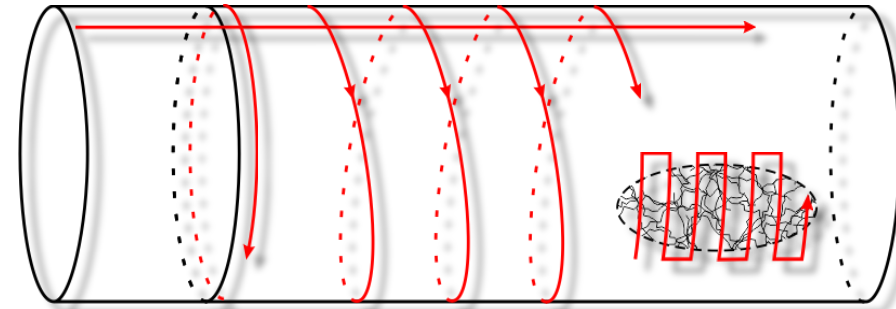
Ситуационные планы передвижения Сканера в трубопроводе Ду 300 мм, в тройнике Ду 1000\*400 мм





- Передвижение Сканера по произвольной траектории, исключая наиболее загрязненные участки внутренней полости трубопровода обеспечивается магнитными мотор-колесными модулями

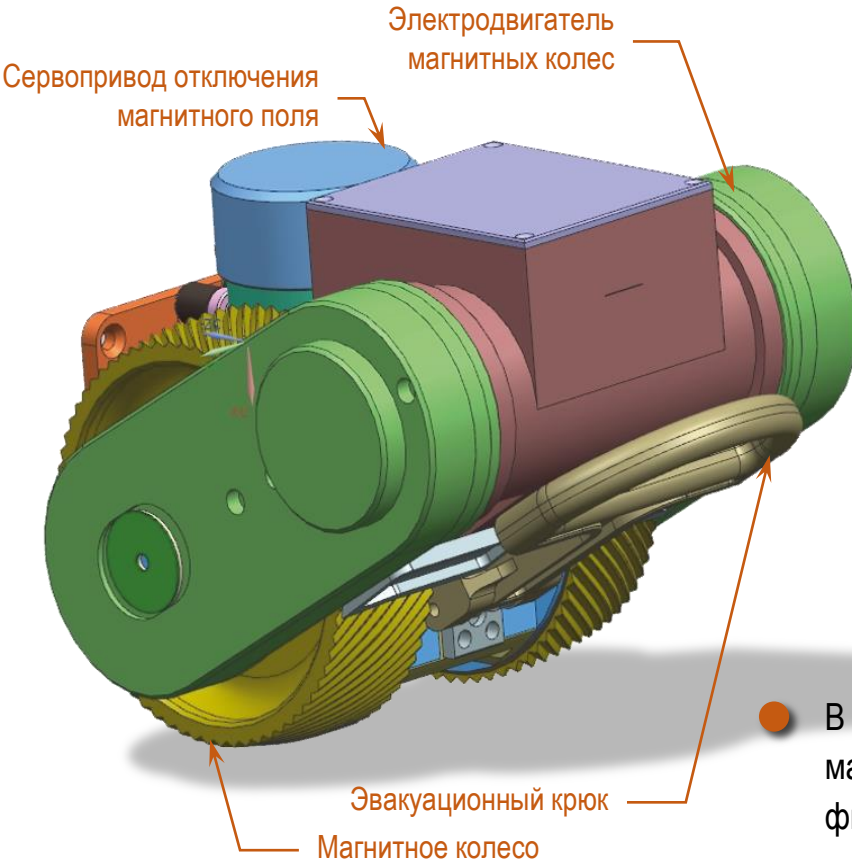
Варианты возможных траекторий движения Сканера



- Магнитный модуль изготовлен на основе редкоземельного магнита с высокой остаточной магнитной индукцией
- Усилие отрыва магнитного мотор-колесного модуля от ферромагнитной поверхности – 1000 Н (100 кгс);

- В модуль встроены **датчики Холла**, контролирующие напряженность магнитного поля контура «колесо – поверхность», позволяющие фиксировать момент «отрыва» колеса от ферромагнитной поверхности

- Встроенный в мотор-колесный модуль **3-х осевой МЭМС-инклинометр** фиксирует угловое положение каждого модуля (погрешность измерения  $\pm 0,1$  градус), что позволяет реализовать функции трассировки пройденного участка трубопровода (3D-топология) и управления движением сканера-дефектоскопа в автоматическом режиме







# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

## Варианты загрузки Сканера в трубопровод

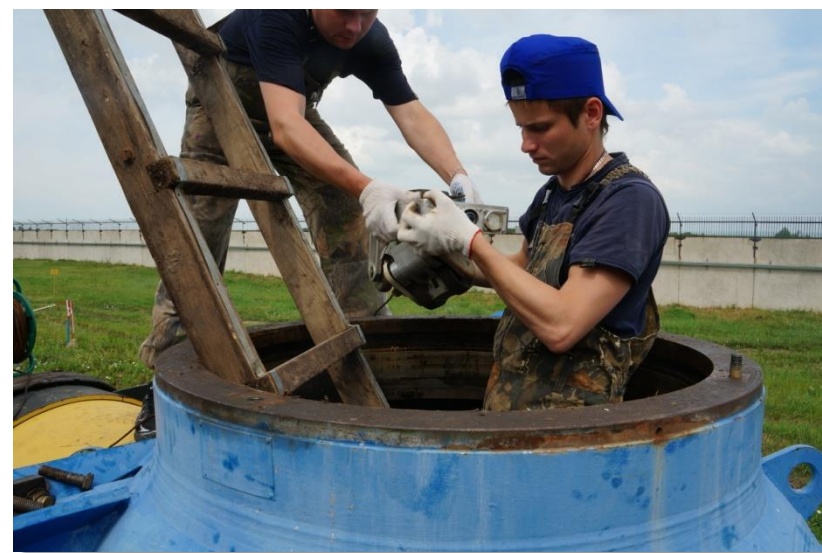
- **Вариант 1** - через технологическое отверстие 340\*240 мм;



- **Вариант 3** - через люк-лаз;



- **Вариант 2** - через крышку обратного клапана;



- **Вариант 4** - через свечную линию Ду 300 мм.

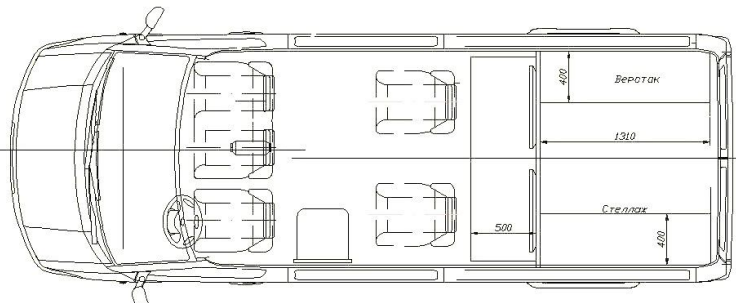
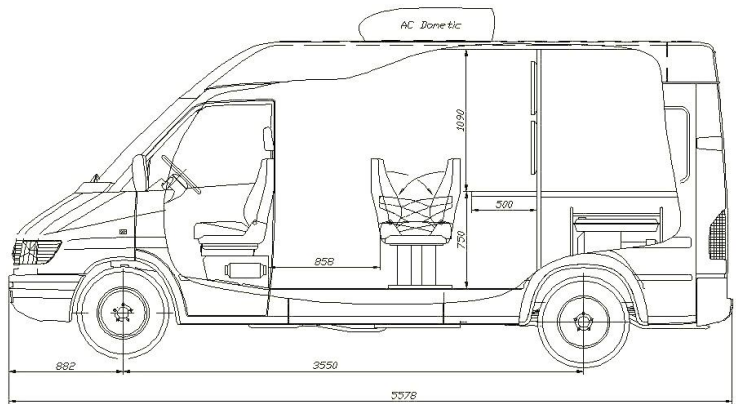
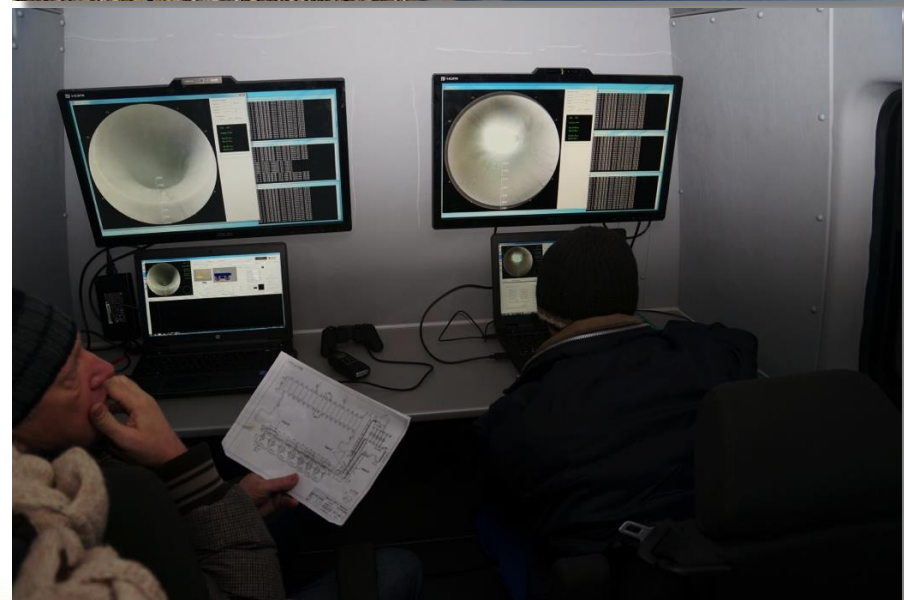






# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

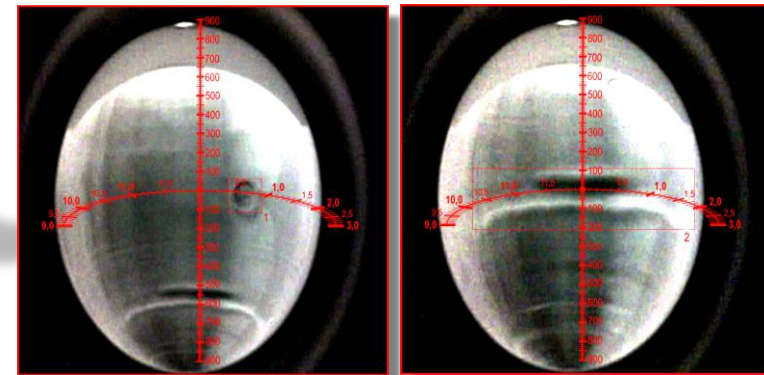
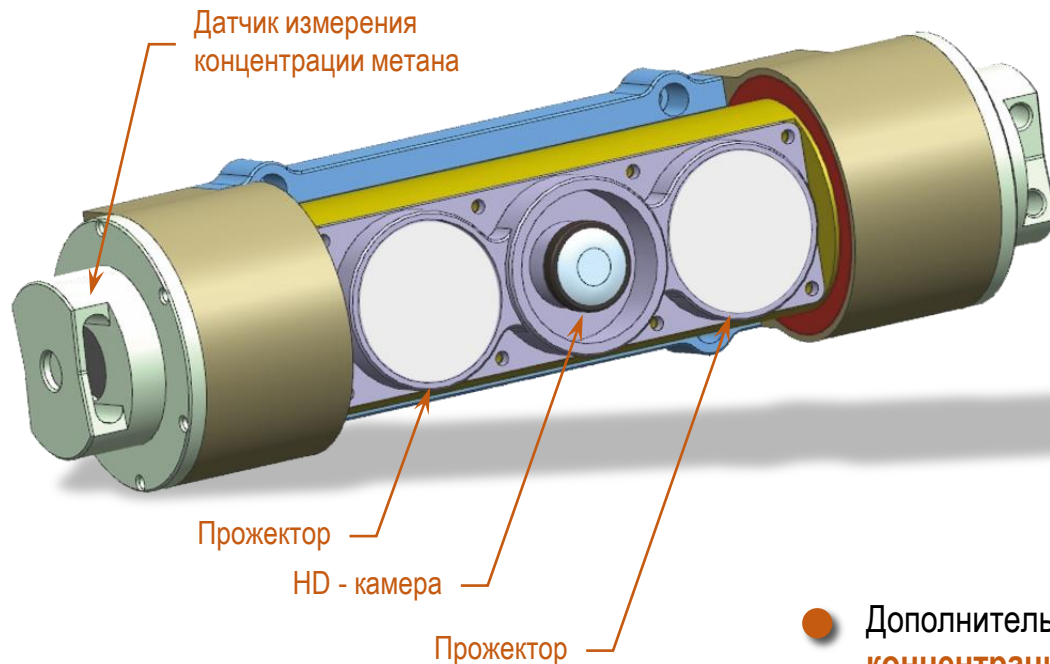
Автолаборатория «IntroScan»





- Телевизионно-оптическая система Сканера обеспечивает визуальный контроль в процессе выполнения работ по ВТД
- Включает в себя HD камеру с 5 Мп матрицей и объективом с углом зрения 180 градусов, два светодиодных прожектора и привод поворота модуля в вертикальной плоскости

- Скорость передачи видеoinформации с учётом пропускной способности радиоканала – до 20 кадров в секунду, что обеспечивает потенциальную производительность визуального контроля **до 5 погонных метров в минуту**

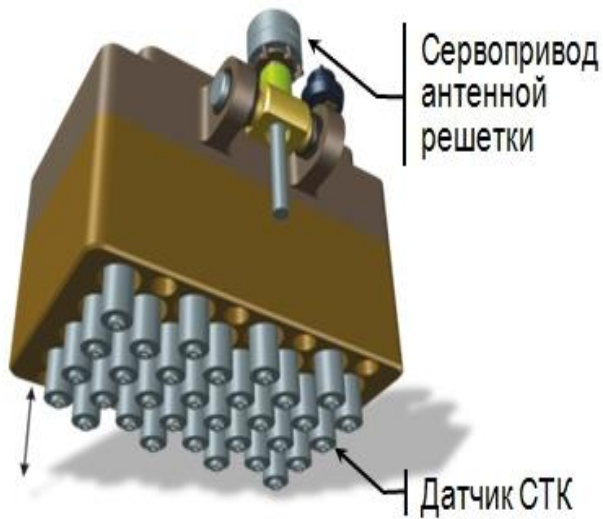


- Дополнительно в этом же модуле размещён **датчик измерения концентрации метана** и проекционный лазер
- На Сканере размещены два идентичных блока телевизионно-оптической системы – в передней и задней частях корпуса. Направление обзора определяется оператором. Вторая камера необходима при реверсном перемещении Сканера в трубах малого диаметра (Ди менее 500 мм), в которых невозможно выполнить разворот Сканера



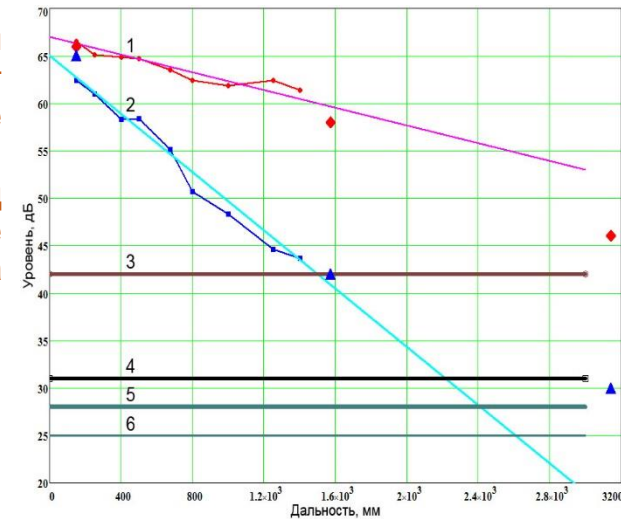
- Блок ультразвукового контроля построен на базе ультразвуковых преобразователей с сухим точечным контролем (СТК), позволяющей возбуждать и принимать ультразвуковые колебания в стенке деталей трубопровода без применения контактной жидкости

### Акустическая измерительная система



- Набор из 32-х преобразователей СТК образует антенную решётку (АР), фазированную в требуемом направлении и формирующую направленные ультразвуковые волны в стенке деталей трубопровода. Диапазон рабочих частот – от 20 до 80 кГц

Зависимости уровней сигналов и шума от дальности, полученные с помощью АР с СТК и рабочей частотой 50 кГц эхометодом на трубе без изоляции (1, 3) и на трубе с изоляцией (2, 4)



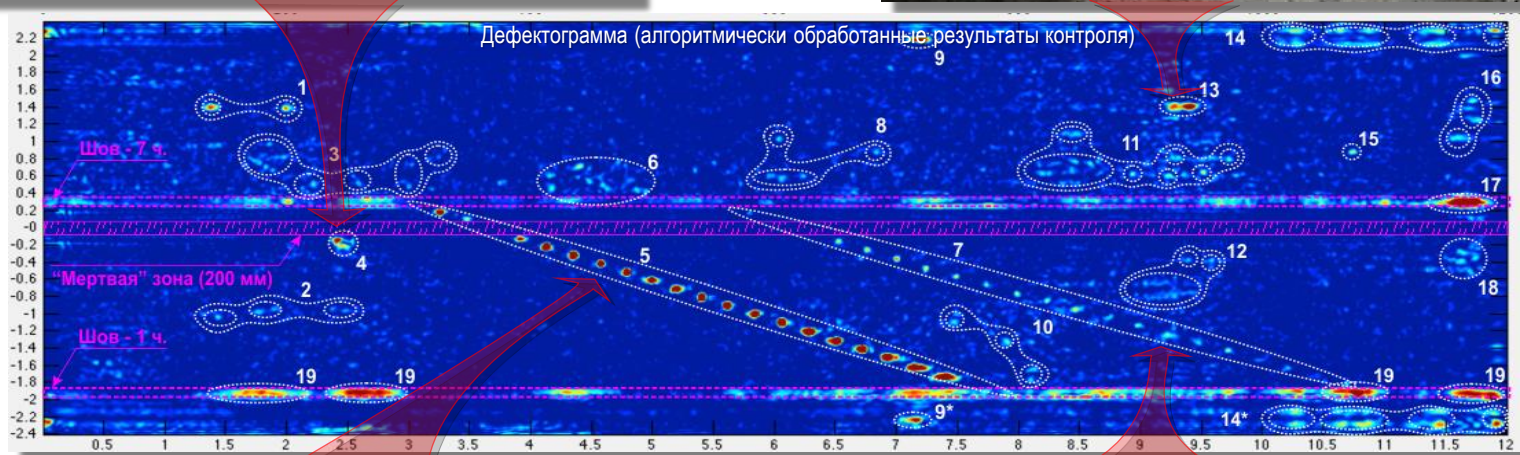
- За счёт использования эффекта волноводного распространения ультразвуковых волн в стенке трубы обеспечивается контроль всего тела трубы при перемещении Сканера только по линии образующей, т.е. без необходимости сканирования всей внутренней поверхности трубопровода, с производительностью не менее 0,5 погонных метра в минуту.





# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

Стендовые исследовательские испытания в ООО «Газпром ВНИИГАЗ»





# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

## Внесение Сканера A2072 «IntroScan» в «Реестр...»

УТВЕРЖДАЮ  
Член Правления, начальник  
Департамента ПАО «Газпром»  
  
В.А. Михаленко  
14/04/2016 г.

### РЕЕСТР

вновь разработанных роботизированных диагностических комплексов для внутритрубного технического диагностирования технологических трубопроводов компрессорных станций, соответствующих техническим требованиям ПАО «Газпром» и допущенных к опытно-промышленной эксплуатации

Наименование, технические условия, состав диагностического оборудования	Назначение	Условия применения	Основание для включения в реестр
---	------------	--------------------	----------------------------------

#### 2. Организация-разработчик: ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи», г. Чайковский, Пермский край, Россия

<p><b>Внутритрубный автономный роботизированный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan».</b> Технические условия ИСТТ.412231.002 ТУ (оптический и акустический автоматизированный контроль). Разработчик и изготовитель: ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи», Россия, Пермский край, г. Чайковский. Поставщик услуг по ВТД: ЗАО «ИнтроСкан Технолоджи», Россия, Пермский край, г. Чайковский. Состав оборудования роботизированного сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan», прошедший аттестацию: 1. Сканирующее устройство, в том числе:</p>	<p>1. <b>Опытно-промышленная эксплуатация</b> серийных экземпляров роботизированных сканеров-дефектоскопов A2072 «IntroScan» до 01.06.2017 по программе, согласованной ПАО «Газпром» при условии: - согласования методики проведения ВТД с головной экспертной организацией; - разработке и выполнении комплекса организационно-технических мероприятий направленных на безопасное проведение работ по ВТД.</p>	<p>1. ВТД участков технологических трубопроводов и подключающих шлейфов линейных станций, компрессорных станций, компрессорных станций. Допускается применение на горизонтальных и наклонных локальных участках линейной части магистральных газопроводов (перемычки, газопроводы-отводы и др.), изготовленных из прямошовных труб Ду от 500 мм до 1400 мм включительно, протяженностью до 1000 м, при</p>	<p>1. Заключение экспертизы ТУ ООО «Газпром ВНИИГАЗ» № 3123949-060-2016 от 29.03.2016. 2. Результаты квалификационных испытаний на стенде ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (2015 г.). 3. Результаты натурных испытаний на испытательном участке КС Первомайская ООО «Газпром трансгаз Москва» (2015 г.). 4. «Методика проведения диагностики труб и соединительных деталей при внутритрубной диагностике с применением сканера-дефектоскопа внутритрубного автономного роботизированного A2072 «IntroScan» ИСТТ.412231.002 И1» (2016 г.). 5. Протокол производственного совещания с главными инженерами, начальниками ПОЭС и ИТЦ газотранспортных обществ ПАО «Газпром» по</p>
---	---	--	---

3

Наименование, технические условия, состав диагностического оборудования	Назначение	Условия применения	Основание для включения в реестр
<p>- транспортная платформа; - блок преобразователей с сухим точечным контактом. 2. Блок прямо-передатчика, в том числе: - блок питания; - блок управления; - блок аккумуляторов; - блок приемника; - блок передатчика. 3. Оптическая система. 4. Персональный компьютер (ноутбук). Программное обеспечение. 5. Калибровочный образец UCSB202. 6. Кевларовый трос для аварийного извлечения. 7. Комплект запасных частей и инструментов в соответствии с ИСТТ.412231.002 ТУ.</p>	<p>2. Состав выполняемых работ: - внутритрубное телевизионное обследование (ВТО) внутренних полостей и внутренних шероховатостей труб и соединительных деталей с применением камер телевизионных образных; - автоматизированный ультразвуковой контроль (УЗК) основного металла труб технологических трубопроводов в индикаторном режиме. 3. Роботизированный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan» предназначен для автоматизированного УЗК соединительных деталей трубопровода, сварных соединений труб. 4. Отчетные материалы по результатам опытно-промышленной эксплуатации A2072 «IntroScan» (в том числе технические отчеты по результатам ВТД, отзывы эксплуатирующих организаций) разработчик предоставляет в головную экспертную организацию до 30.03.2017. 5. Решение о дальнейшей эксплуатации сканеров-дефектоскопов A2072 «IntroScan» принимает ПАО «Газпром» по представлению головной экспертной организации в</p>	<p>условия включения этих работ в программу опытно-промышленной эксплуатации, согласованную ПАО «Газпром». 2. Роботизированный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan» допускается к применению на объектах ПАО «Газпром» при разработке и выполнении комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на безопасное проведение ВТД с учетом не выполняющегося исполнения диагностического оборудования сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan». 3. Диапазон контролируемых труб при проведении ВТД от 500 мм до 1400 мм включительно с толщиной стенки от 10 мм до 26 мм включительно. 4. Температурный интервал эксплуатации от минус 20°С до плюс 50°С.</p>	<p>повышению надежности газотранспортной системы (№03/08-151 от 31.12.2015).</p>

4

Наименование, технические условия, состав диагностического оборудования	Назначение	Условия применения	Основание для включения в реестр
	соответствии с результатами опытно-промышленной эксплуатации серийных экземпляров.		

Примечание: граничные температурных интервалов эксплуатации диагностических комплексов (позиции 1, 2) приведены в соответствии с техническими условиями

Начальник Управления  
  
« » 2016 г.

Первый заместитель начальника  
Департамента  
  
С.В. Алимов  
« » 2016 г.

Начальник Управления  
  
В.А. Середенко  
« » 2016 г.

М.Е. Скродромов  
  
О.В. Сырутин

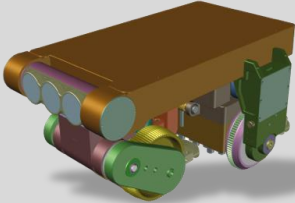
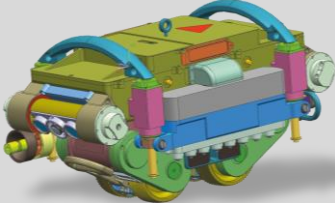

5





# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

## Краткие характеристики модельного ряда Сканеров

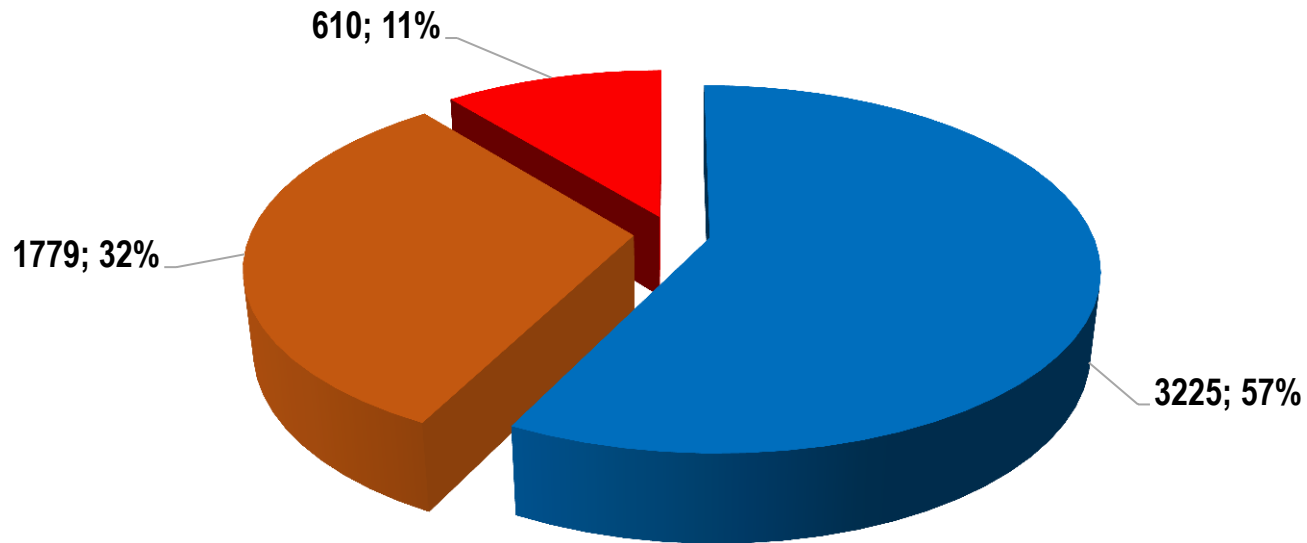
Наименование	Внутритрубный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan» v.3.1i	Внутритрубный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan» v.4.0i	Внутритрубный сканер-дефектоскоп A2072 «IntroScan» v.4.0m	Сканер-дефектоскоп «Scaut»
Конструкция	Автономный (управление по Wi-Fi, литий-феррум полимерные аккумуляторы), магнитные мотор-колеса (с датчиками Холла и МЭМС-инклинометры), датчик загазованности			
	Измерительная система: акустическая антенная решетка на датчиках с сухим точечным контактом (СТК)	Измерительная система: антенная решетка СТК преобразователей	Измерительная система: антенная решетка СТК преобразователей	Измерительная система: антенная решетка пьезо-преобразователей
Эскиз				
Габариты	310,0 * 230,0 * 210,0 мм	310,0 * 280,0 * 210,0 мм	310,0 * 280,0 * 210,0 мм	310,0 * 280,0 * 210,0 мм
Масса	12 кг	17 кг	20 кг	20 кг
Режимы ультразвукового контроля	<b>Основной металл деталей:</b> «индикаторный» режим контроля <b>Сварные соединения:</b> «индикаторный» режим контроля <b>Изоляционное покрытие:</b> качественная оценка адгезии		<b>Основной металл деталей:</b> «измерительный» режим контроля	<b>Сварные соединения:</b> «измерительный» режим контроля
Производительность контроля	0,3...0,7 п.м/ мин (режим контроля) 5,0 п.м/мин (транспортный режим)	0,5...1,0 п.м/мин (режим контроля) 5,0 п.м/мин (транспортный режим)	0,3...0,5 м/мин (режим контроля) 5,0 п.м/мин (транспортный режим)	0,3...0,5 м/мин (режим контроля) 5,0 п.м/мин (транспортный режим)
Загрузка Сканера	Штатные люк-лазы, свечные линии от Ду 300мм, технологические отверстия <b>340*240 мм</b> ;			
Подготовительные мероприятия	Очистные мероприятия внутренней полости трубопровода <b>не требуются</b>			
Дальность контроля от места загрузки	~ 700 п.м.	~ 1 500 п.м. (на прямолинейных участках трубопроводов) ~ 1 000 п.м. (сложные участки трубопроводов)		
Объекты контроля	Стальные трубы, отводы, тройники, переходы <b>Ду 400-1400 мм</b> (включая сложные неравнопроходные и вертикальные участки трубопроводов)			
Дата ввода в эксплуатацию	IV квартал 2015 (3 экземпляра) I квартал 2016 (1 экземпляр)	II квартал 2016 (4 экземпляра) IV квартал 2016 (4 экземпляра)	I квартал 2017 (4 экземпляра) II квартал 2017 (4 экземпляра)	II квартал 2017 (1 экземпляр)





- Всего объектов КС и участков ЛЧ по ВТД – 15 шт.;
- Общая протяженность трубопроводов – 17 305,77 м.;
- Диаметр обследованных трубопроводов – 700-1400 мм.;
- Обнаружено дефектов основного металла и сварных соединений – 5 614 шт.

Распределение по типам выявленных дефектов



■ «Объемные» дефекты  
■ «Плоскостные» дефекты

■ «Объемно-плоскостные» дефекты



# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

Результаты опытно-промышленной эксплуатация объектов КС в 2015г.



**Ведомость обнаруженных дефектных участков №**

Объект ВТД:  
Высшей катег. Ду 1420 мм

**Маршрут передвижения Сканера:**

№ места загрузки	№ маршрута	Направление движения	Угловое положение, ч	Дата	Время
1	1	По ходу газа	5,0	01.07.2015	14:22

**Характеристика обследуемой детали:**

№ втд	Тип детали	Диаметр, мм	Длина, мм	Толщина, мм	Шов 1, ч	Шов 2, ч
1.39	Труба прямая, двухшовная	1420,0	11440,0	18,7	5,5	11,5

**Дефектограмма обследованного участка детали:**

**Характеристики обнаруженных дефектных участков:**

№ п/п	Наименование дефекта	Расстояние до, м		Угловое полож., ч	Длина, мм	Ширина, мм	Амплитуда, дБ
		колыц шва <sup>1</sup>	прод шва				
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	«Плохой дефект»	+0,0	0,0	6,3	450,0	1000,0	2,0
2.	«Плохой дефект»	+0,0	0,5	3,6	600,0	730,0	0,5
3.	«Объемный дефект»	+2,9	0,4	3,9	280,0	200,0	
4.	«Объемный дефект»	+3,0	0,8	2,8	300,0	380,0	
5.	«Объемно-слоистый дефект»	+3,0	0,1	6,6	500,0	700,0	
6.	«Объемно-слоистый дефект»	+3,3	0,1	6,1	600,0	300,0	
7.	«Объемно-слоистый дефект»	+3,3	0,7	3,1	1300,0	350,0	
8.	«Объемно-слоистый дефект»	+4,9	1,0	2,3	550,0	400,0	
9.	«Плохой дефект»	+8,5	0,7	3,1	450,0	300,0	0,7
10.	«Плохой дефект»	+9,7	0,1	6,1	250,0	200,0	2,2

Изм. № подл. \_\_\_\_\_ Подп. и дата \_\_\_\_\_

Лист  
INTROSCAN 25202.0000.15 ОД  
46

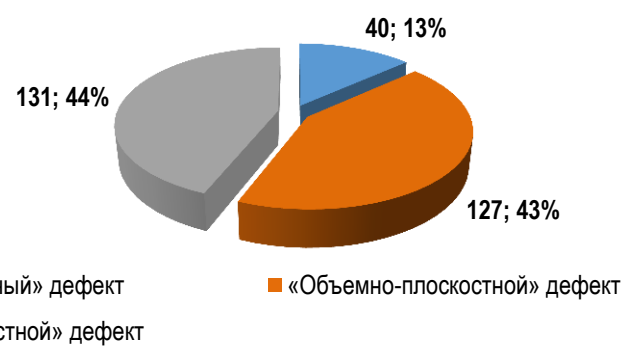
Изм. Лист \_\_\_\_\_ № докум. \_\_\_\_\_ Подп. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Формат А4



# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

Результаты проведения ВТД подключающих шлейфов КС ООО «Газпром трансгаз Н. Новгород».

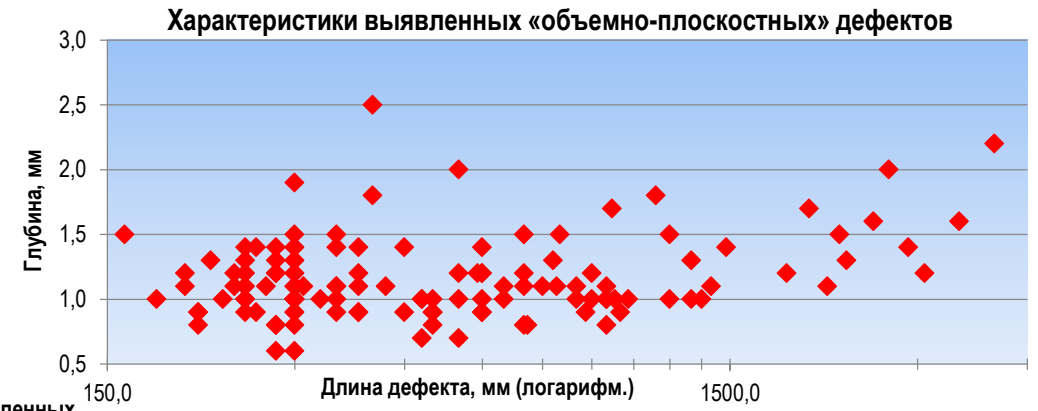
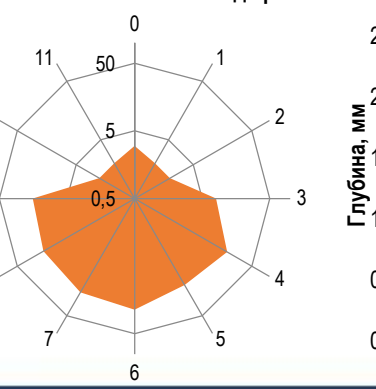
Распределение по типам выявленных дефектов



Угловое расположение выявленных «объемных» дефектов



Угловое расположение выявленных «плоскостных» дефектов







# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

Результаты проведения ВТД подключающих шлейфов КС ООО «Газпром трансгаз Н. Новгород».



**Ведомость обнаруженных дефектных участков**

Объект ВТД:  
Выходной шлейф, Ду 1420 мм.

Маршрут передвижения Сканера:

№ места загрузки	№ маршрута	Направление движения	Угловое положение, ч	Дата	Время
1	1	По ходу газа	5,0	01.07.2015	12:55

Характеристика обследуемой детали:

№ отд	Тип детали	Диаметр, мм	Длина, мм	Толщина, мм	Шов 1, ч	Шов 2, ч
1.36	Труба прямая, двухшовная	1 420,0	10926,5	18,7	3,5	9,5

Дефектограмма обследованного участка детали:

Характеристики обнаруженных дефектных участков:

№ отп	Наименование дефекта	Расстояние до, м		Угловое полож., ч	Длина, мм	Ширина, мм	Амплитуда, дБ
		кольцевого шва	прод шва				
1.	«Плоскостной дефект»	+0,0	0,1	7,1	400,0	1520,0	0,6
2.	«Плоскостной дефект»	+0,0	0,1	2,1	330,0	730,0	
3.	«Объемно-плоскостной дефект»	+10,3	0,6	5,4	550,0	220,0	
4.	«Плоскостной дефект»	+10,5	0,0	4,0	330,0	400,0	0,7
5.	«Плоскостной дефект»	+10,5	0,8	6,5	330,0	600,0	

Примечание:  
 \* - «+» - расстояние от первого кольцевого шва по ходу движения Сканера; «-» - расстояние от второго кольцевого шва;  
 \*\* - угловые координаты по часовой стрелке, по ходу движения Сканера.

INTROSCAN.25202.0000.15 ОД

Изм Лист № докум Подп Дата

Лист 41

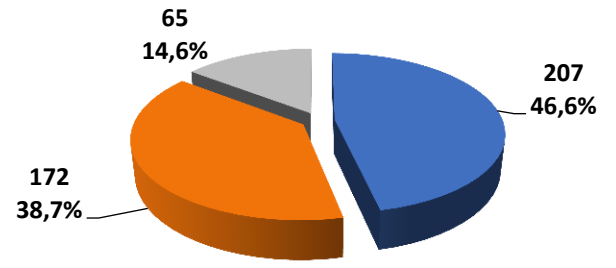
Формат А4



# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

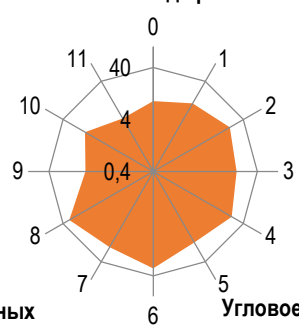
Результаты проведения ВТД подключающих шлейфов КС ООО «Газпром трансгаз Югорск».

### Распределение по типам выявленных дефектов

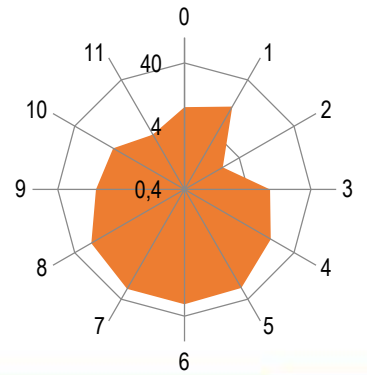


- «Объемный» дефект
- «Объемно-плоскостной» дефект
- «Плоскостной» дефект

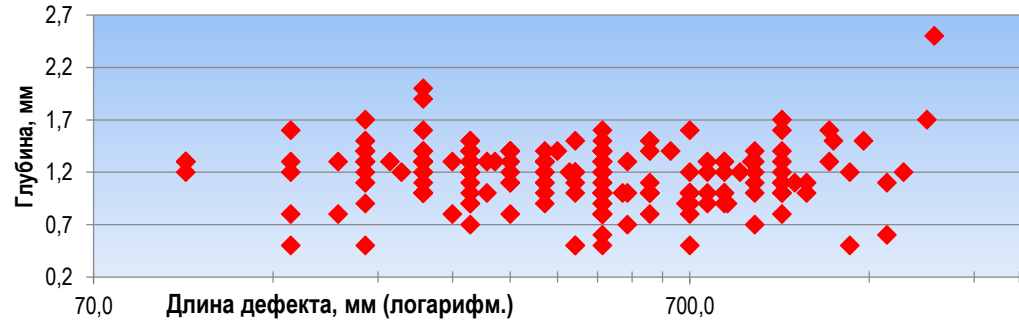
### Угловое расположение выявленных «объемных» дефектов



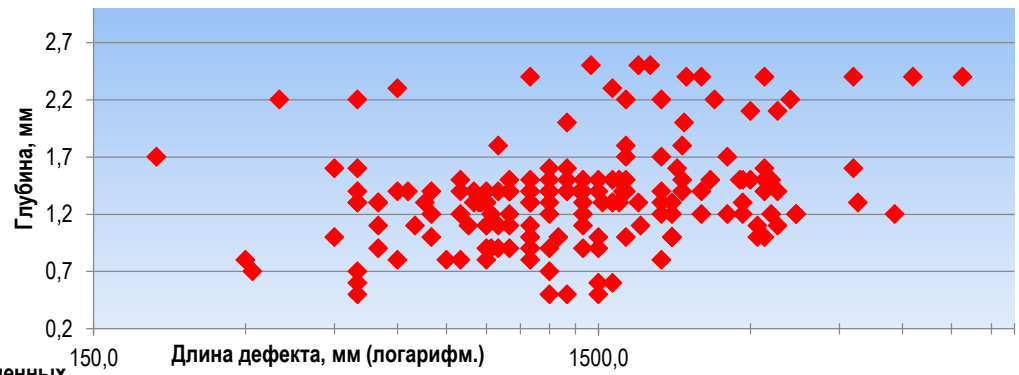
### Угловое расположение выявленных «объемно-плоскостных» дефектов



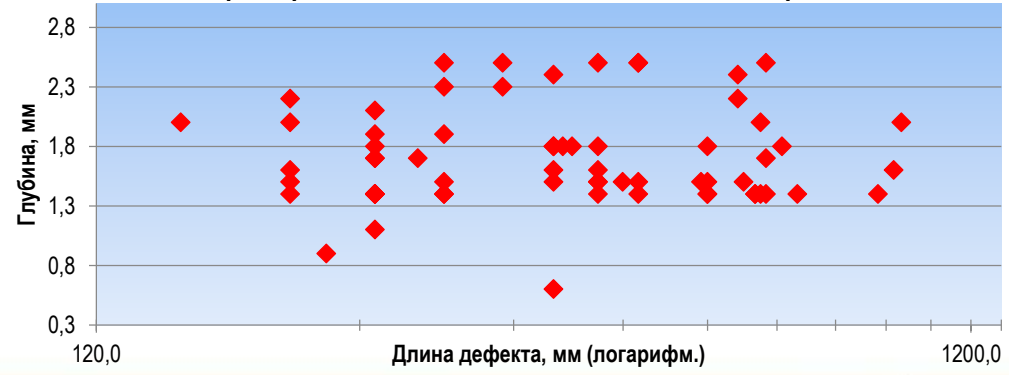
### Характеристики выявленных «объемных» дефектов



### Характеристики выявленных «объемно-плоскостных» дефектов



### Характеристики выявленных «плоскостных» дефектов

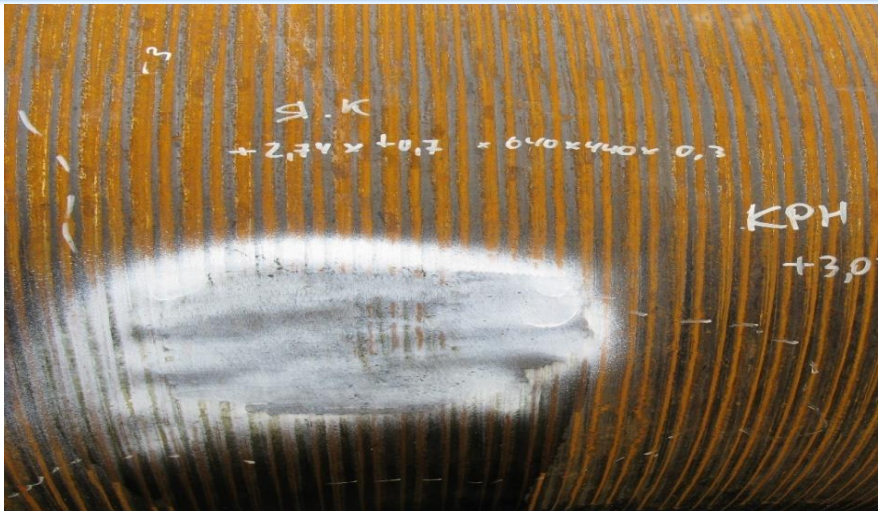






# Результаты внутритрубной диагностики трубопроводов КС, подверженных КРН, с применением сканера-дефектоскопа A2072 «IntroScan»

Результаты проведения ВТД подключающих шлейфов КС ООО «Газпром трансгаз Югорск».



**Ведомость обнаруженных дефектных участков №**

Объект ВТД:

Маршрут передвижения Сканера:

№ места загрузки	№ маршрута	Направление движения	Угловое положение, ч	Дата	Время
2	2	По ходу газа	7,5	18.08.2015	11:31

Характеристика обследуемой детали:

№ вкл.	Тип детали	Диаметр, мм	Длина, мм	Толщина, мм	Шов 1, ч	Шов 2, ч
2.40	Труба прямая, одношовная	1 620,0	11 620,0	12,9	2,44	-

Дефектограмма обследованного участка детали:

Сканерограмма (первичные данные результатов контроля)

Дефектограмма (выборочные и обработанные данные результатов контроля)

Характеристики обнаруженных дефектных участков:

№ п/п	Наименование дефекта	Расстояние до, м		Угловое положение, ч	Длина, мм	Ширина, мм	Амплитуда, дБ
		кольца шва*	прод шва				
1.	2	3	4	5	6	7	8
1.		+0,0	0,1	6,8	400,0	2 100,0	
2.		+0,2	0,4	11,7	1 200,0	950,0	
3.		+0,4	1,3	9,6	1 000,0	450,0	
4.		+0,4	0,1	4,6	7 500,0	900,0	
5.		+5,0	1,2	10,5	600,0	250,0	
6.		+7,9	0,7	6,0	300,0	430,0	
7.		+9,5	0,2	5,4	1 600,0	900,0	
8.		+10,6	0,9	8,9	600,0	1 400,0	

Примечание:  
 \* - расстояние от первого кольцевого шва по ходу движения Сканера, \*\* - расстояние от второго кольцевого шва,  
 --- угловые координаты по часовой стрелке, по ходу движения Сканера.

Имя: Не подл. Подл. и дата: Имя: Не подл. Подл. и дата: Имя: Не подл. Подл. и дата: Имя: Не подл. Подл. и дата:

INTROSCAN 0000 15 ОД

Лист 55

Изм Лист Не докум. Подл. Дата

Формат А4





## Выводы

Применение сканера-дефектоскопа А2072 «IntroScan» позволяет:

- ✓ проводить обследование технического состояния ТТ КС без нарушения их целостности;
- ✓ проводить работы по ВТД с наименьшими временными и финансовыми затратами, ввиду отсутствия подготовительных работ (работ по шурфованию, вырезке катушек, очистки внутренней полости трубопровода от загрязнений, восстановительных работ и пр.);
- ✓ обследовать всю номенклатуру деталей (трубы, отводы, тройники, переходы Ду 400-1400 мм) на всех участках технологических трубопроводов КС (подключающие шлейфы, трубопроводная обвязка ПУ, ГПА, АВО);
- ✓ реализовывать работы по ВТД с высокой производительностью - при использовании в составе комплекса ВТД 4-6 Сканеров осуществляется контроль всех трубопроводов КС в течение 2-3 недель;
- ✓ выявлять и идентифицировать дефекты типа «трещины» и «коррозия» глубиной от 10% толщины стенки обследуемых деталей, осуществлять мониторинг развития дефектов в период эксплуатации объекта.



# Спасибо за внимание!



Заведующий сектором разработки и внедрения инновационных технологий  
ООО «ЭНТЭ»

Макарычев Дмитрий Анатольевич  
Гор.(34241)3-46-80, 3-45-95 (доб.120)  
Газ. (735) 25-019, 25-023 (доб.120)  
Моб. 8(922)333-48-19  
[d.makarychev@ente-ltd.ru](mailto:d.makarychev@ente-ltd.ru)