

Организация ремонта ТПА. Проблемные вопросы при эксплуатации АПК фирмы Mokveld Valves

Начальник ПО по ОЭКС УЭКС
ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»
В.А. Сердюк

Общие данные по ТПА на объектах ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»



На объектах ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» эксплуатируется 33352 ед. трубопроводной арматуры Ду50-1400, в том числе:

| Объекты | Всего | из них сроком эксплуатации более 20 лет | |
|---------------|--------------|-----------------------------------------|------------|
| | | шт. | % |
| ЛЧ, ГИС | 12437 | 2220 | 18% |
| КС | 7035 | 1276 | 18% |
| ГРС | 9845 | 2414 | 25% |
| КПГТ | 4035 | | |
| ИТОГО: | 33352 | 5910 | 18% |

Основные проблемы, связанные с эксплуатацией трубопроводной арматуры отечественного производства

- В 2017 году имелись случаи поставки новых кранов производства ОАО «Волгограднефтемаш» с наличием воды и механических примесей в гидрожидкости приводов. Замена гидрожидкости выполнена в рамках гарантийных обязательств.
- Ранее имелись замечания к кранам шаровым производства ОАО «Пензтяжпромарматура» (2011 года изготовления). Замечания были связаны с негерметичностью по затвору в связи с низкой надёжностью конструкции уплотнений. Замена кранов выполнена в рамках гарантийных обязательств.



Наличие воды в гидрожидкости



Наличие мех. примесей в гидрожидкости

Других замечаний к ТПА отечественного производства в 2017 году не выявлено.

Основные проблемы, связанные с эксплуатацией трубопроводной арматуры импортного производства

- **1. Электрогидравлические приводы производства «Leeden»**

Приводы, установленные на кранах шаровых производства «Cameron», «PetrolValves» и «Тяжпромарматура», имеют низкую надёжность.

Основные замечания: утечки гидрожидкости, завоздушивание гидросистемы привода, негерметичность уплотнений поршня и штока гидроцилиндра привода.

Решение: В рамках импортозамещения проведена работа по изготовлению аналогов РТИ, применяемых на электрогидроприводах фирмы «Leeden». Работы по техническому обслуживанию приводов выполняются подрядным способом с поставкой необходимых МТР.

- **2. Краны Ду50-800 производства Cameron**

За семилетний период эксплуатации КС Портовая выполнена замена 50 единиц негерметичных шаровых кранов Ду50-800 производства Cameron.

Основные причины негерметичности кранов по затвору: некачественная очистка полости трубопроводов в процессе строительства объекта, отклонение от режимов сварки во время проведения сварочно-монтажных работ (перегрев мягких уплотнений, особенно для кранов малых диаметров).

- **3. Импортозамещение трубопроводной арматуры специального назначения**

В рамках импортозамещения трубопроводной арматуры специального назначения, в 2017 году организована поставка кранов шаровых номинальным давлением 250 кгс/см² производства ООО «Самараволгомаш» для замены негерметичных кранов КС Портовая.

Письмом ООО «Газпром комплектация» №50-01-008110 от 16.02.18 года доведена информация о необходимости приобретения арматуры специального назначения у ООО «Уральский завод специального арматуростроения».

Опыт эксплуатации кранов данного производителя отсутствует, в связи с чем, существуют риски по обеспечению надёжности арматуры, планируемой к поставке и дальнейшей эксплуатации на КС Портовая. Отсутствие конкуренции может также привести к завышению стоимости продукции.

- **4. Антипомпажные клапаны производства Mokveld Valves**

Антипомпажные клапаны, установленные на объектах МГ «СЕГ», имеют дефекты внутренней части (сепараторы, поршни, уплотнения). Основная причина образования дефектов – некачественная очистка полости трубопроводов в процессе строительства объекта и монтажа ТПО.

Планом КР Общества на 2018 год предусмотрен капитальный ремонт в заводских условиях шаровых кранов в количестве 29 шт., в том числе 9 шт. подрядным способом

| № п/п | Тип ТПА (кран шаровый, задвижка шиберная) | Производитель | Год выпуска | Условный диаметр, мм | Условное давление, МПа | Кол-во, шт. | Вид исполнения (наземный/подземный) | Тип привода (ручной/пневмо-гидравлический) |
|-------|-------------------------------------------|------------------------------|-------------|----------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | кран шаровой | Тяжпромарматура | 2004 | 1000 | 8,0 | 1 | подземный | пневмогидравлический |
| 2 | кран шаровой | Тяжпромарматура | 1992 | 1000 | 8,0 | 1 | подземный | пневмогидравлический |
| 3 | кран шаровой | RMA Kehl GmbH & Co.KG HKSF-W | 2012 | 1200 | 10,0 | 2 | подземный | пневмогидравлический |
| 4 | кран шаровой | Кобе Стил | 1976 | 1000 | 7,5 | 1 | подземный | пневмогидравлический |
| 5 | кран шаровой | RMA | 2011 | 400 | 25,0 | 2 | надземный | электро-гидравлический (без ремонта привода) |
| 6 | кран шаровой | Cameron-Grove | 2011 | 800 | 25,0 | 2 | подземный | электро-гидравлический (без ремонта привода) |

Впервые организована отправка в ремонт 4 шаровых кранов КС Портовая РН 250 кгс/см2:

2 шт. DN 400 производства RMA с электроприводом надземного исполнения



2 шт. DN 800 производства Cameron с электроприводом подземного исполнения



ООО «ЛЕНГАЗЭНЕРГОРЕМОНТ»
191028, г. Санкт-Петербург, ул. Фурштетская, д. 39, литера А, помещение 1501
тел. +7 (812) 431-72-70, e-mail: lengaz@yandex.ru
ИНН 7802247777 КПП 780101001
расчетный счет 40702810900150000340
г. Санкт-Петербург
Ф-ЛС: 50АК/СГБ (АО) "СЕРВИС-ЗАПЛАТБЕР" № 044610827 от 10.01.2018 г.
ИНС 044610827 от 10.01.2018 г. 010200000000827

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Парамонов М.Е.
Парамонов М.Е.
2018 г.
м.п.

ГРАФИК

(предварительный)

выполнения работ по капитальному ремонту ЗРА

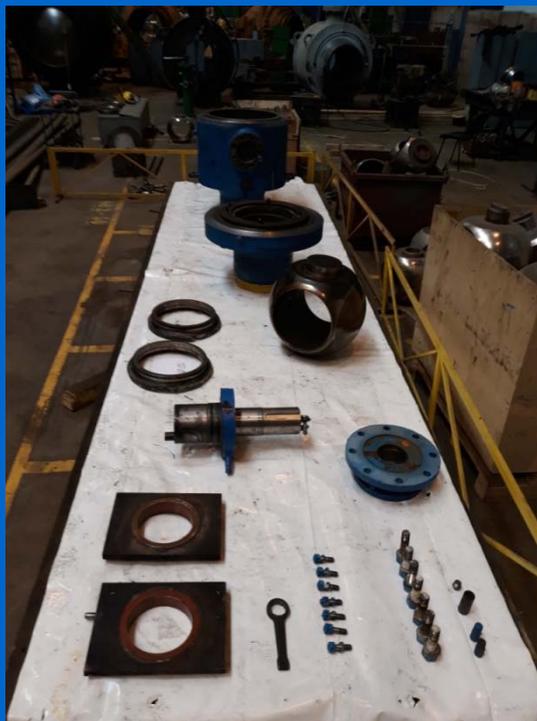
в соответствии с договором субподряда № 5-КР-ЭРС-ЛП ЭР от 11.01.2018

| Заказ 92-18 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» Портовое ЛПУ МГ Шаровой кран Ду 400 Ру 250 (надземный) с ручным приводом (92-18-01) | |
| Шаровой кран Ду 400 Ру 250 (надземный) с ручным приводом (92-18-02) | |
| 1 | Разборка |
| 2 | Разборка корпуса с разделкой сварного шва под последующую сварку |
| 3 | Разборка |
| 4 | Заполнение дефектной ведомости |
| 5 | Составление окончательного графика выполнения работ |
| 6 | Выполнение механической обработки всех деталей и узлов разобранного крана |
| 7 | Сборка |
| 8 | Сварка |
| 9 | Проведение испытаний |
| 10 | Покраска, нанесение антикоррозионного покрытия |
| 11 | Изготовление поддонов (паллет), упаковка |
| 12 | Отправка заказчику |
| Заказ 93-18 | |
| ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» Портовое ЛПУ МГ Шаровой кран Ду 800 Ру 250 (подземный) с электрогидравлическим приводом (93-18-01) | |
| Шаровой кран Ду 800 Ру 250 (подземный) с электрогидравлическим приводом (93-18-02) | |
| 1 | Разборка, отрезание установочных упоров |
| 2 | Разрезание корпуса с разделкой сварного шва под последующую сварку |
| 3 | Разборка |
| 4 | Заполнение дефектной ведомости |
| 5 | Составление окончательного графика выполнения работ |
| 6 | Выполнение механической обработки всех деталей и узлов разобранного крана |
| 7 | Сборка |
| 8 | Сварка |
| 9 | Проведение испытаний |
| 10 | Покраска, нанесение антикоррозионного покрытия |
| 11 | Изготовление поддонов (паллет), упаковка |
| 12 | Отправка заказчику |

Парамонов М.Е.
Парамонов М.Е.

График выполнения работ по КР ЗРА на предприятии ООО «Ленгазэнергоремонт»

Капитальный ремонт ТПА КС Портовая РН 250 кгс/см² в заводских условиях подрядным способом



Разрезанные корпуса шаровых кранов DN 400 производства RMA надземного исполнения на площадке ремонтного предприятия ООО "Ленгазэнергоремонт"

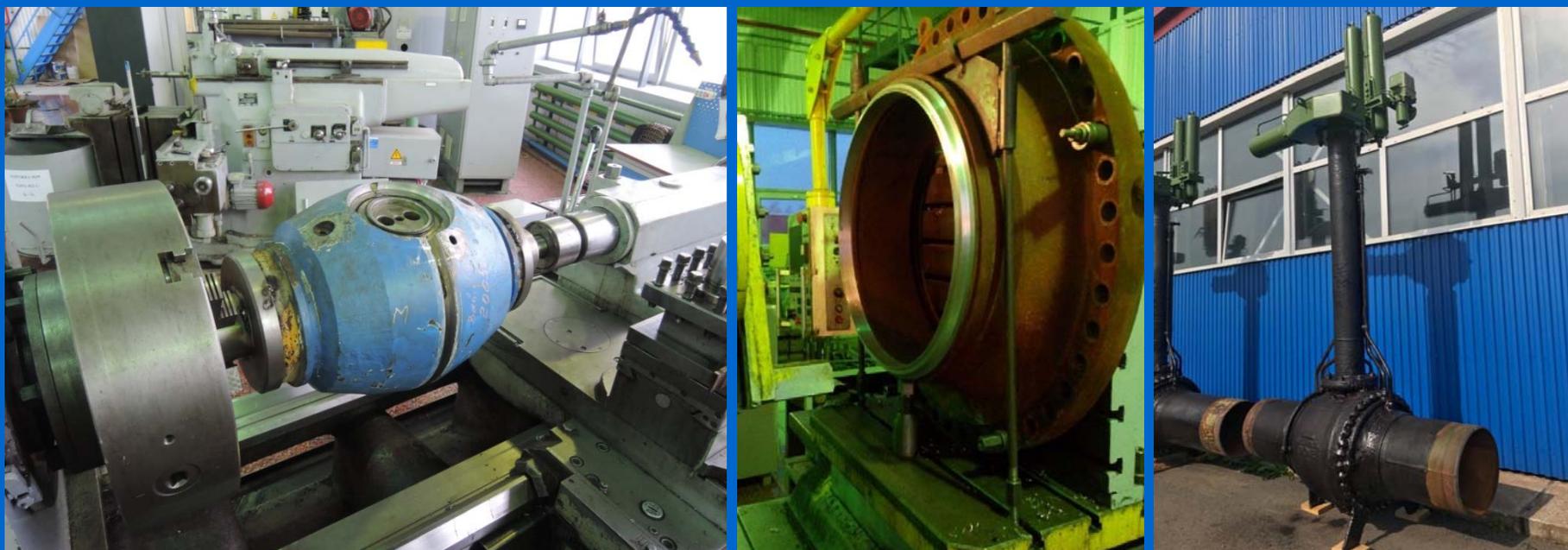


Подготовка крана DN 800 производства Cameron подземного исполнения к резке корпуса

Капитальный ремонт ТПА хозяйственным способом (на базе УАВР)

В период с 2016 по 2018 год в Обществе проведена работа по организации капитального ремонта ТПА хоз. способом на базе УАВР.

Планируется увеличить количество арматуры повторного применения, что позволит значительно снизить затраты на замену негерметичной арматуры (по сравнению с затратами на поставку новой ТПА или отремонтированной в заводских условиях).



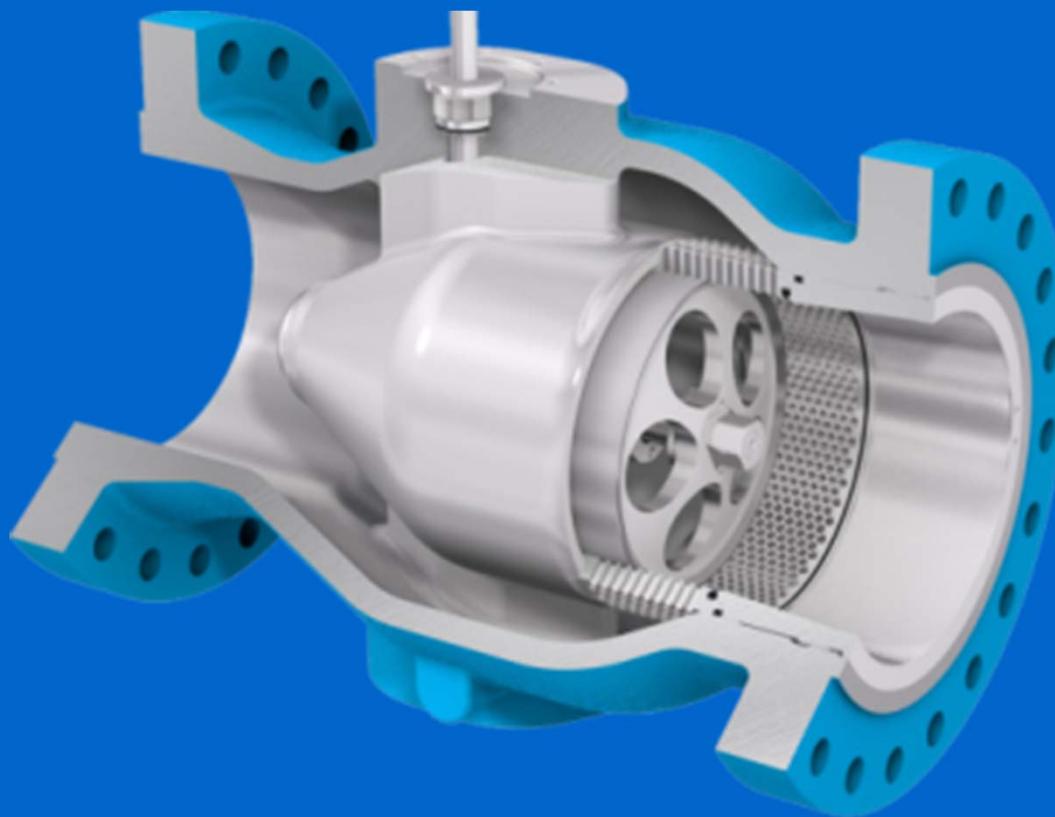
Планом КР Общества на 2018 год предусмотрен ремонт хоз. способом кранов шаровых Grove DN500 в количестве 20 шт. на базе УАВР

Краны были успешно отремонтированы и смонтированы в ТПО ПУ и АВО КС Ржев

Проблемные вопросы при эксплуатации АПК производства фирмы Mokveld Valves

В эксплуатации Общества находится 110 единиц регулирующих и антипомпажных клапанов производства фирмы Моквелд.

Из них 52 ед. эксплуатируются в составе объектов КС СЕГ, 45 из которых – это антипомпажные клапаны в составе технологической обвязки ГПА.



Аварийный останов ГПА на КС «Портовая»

09.01.2017 произошел аварийный останов ГПА Trent 60 DLE на КС «Портовая» по причине повышенной вибрации ротора центробежного компрессора (ЦБК).

В ходе расследования причин аварийного останова был произведен осмотр трубопроводной обвязки с антипомпажным клапаном Mokveld RZD-RDX1 10”.

Причина останова

При проведении ревизии было выявлено отсутствие стопорной шайбы и гайки штока поршня антипомпажного клапана, которые в последующем были обнаружены в проточной части (ЦБК).



Обследование проточной части всех АПК

По результатам расследования причин АО ГПА Trent на КС Портовая, с марта 2017 года было организовано обследование проточной части всех АПК Общества с целью определения надежности крепления поршня на штоке антипомпажных клапанов.



| № п/п | Объект | № | Результат ревизии | Наработка в составе ТПО ГПА |
|-------|------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | КС Волхов - КЦ № 3 - ГПА Ст.№ 31 | 31-6р | Многочисленные трещины и вырывы металла сепаратора | 9999 |
| 2 | КС Волхов - КЦ № 3 - ГПА Ст.№ 32 | 32-6р | Без замечаний | 11871 |
| 3 | КС Волхов - КЦ № 3 - ГПА Ст.№ 33 | 33-6р | Многочисленные трещины и вырывы металла сепаратора | 5579 |
| 4 | КС Волхов - КЦ № 3 - ГПА Ст.№ 34 | 34-6р | | 10210 |
| 5 | КС Волхов - КЦ № 4 - ГПА Ст.№ 41 | 41-6Р | Без замечаний | 8759 |
| 6 | КС Волхов - КЦ № 4 - ГПА Ст.№ 42 | 42-6Р | Начало развития трещин металла сепаратора | 9460 |
| 7 | КС Волхов - КЦ № 4 - ГПА Ст.№ 43 | 43-6Р | Без замечаний | 7809 |
| 8 | КС Волхов - КЦ № 4 - ГПА Ст.№ 44 | 44-6Р | Среднее развитие трещин металла сепаратора | 5652 |
| 9 | КС Пикалево - КЦ № 3 - ГПА Ст.№31 | 31-6 | | 8464 |
| 10 | КС Пикалево - КЦ № 3 - ГПА Ст.№32 | 32-6 | | 15634 |
| 11 | КС Пикалево - КЦ № 3 - ГПА Ст.№33 | 33-6 | | 13011 |
| 12 | КС Пикалево - КЦ № 3 - ГПА Ст.№34 | 34-6 | Начало развития трещин металла сепаратора | 12586 |
| 13 | КС Пикалево - КЦ № 3 - ГПА Ст.№35 | 35-6 | Начало развития трещин металла сепаратора | 12404 |
| 14 | КС Елизаветинская - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 11 | 11-6р | Начало развития трещин металла сепаратора | 14396 |
| 15 | КС Елизаветинская - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 12 | 12-6р | Без замечаний | 14878 |
| 16 | КС Елизаветинская - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 13 | 13-6р | Начало развития трещин металла сепаратора | 5308 |
| 17 | КС Елизаветинская - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 14 | 14-6р | Начало развития трещин металла сепаратора | 13125 |
| 18 | КС Елизаветинская - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 21 | 21-6р | Начало развития трещин металла сепаратора | 9855 |
| 19 | КС Елизаветинская - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 22 | 22-6р | Начало развития трещин металла сепаратора | 10559 |
| 20 | КС Елизаветинская - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 23 | 23-6р | Начало развития трещин металла сепаратора, повреждено главное уплотнение сепаратора | 11575 |
| 21 | КС Елизаветинская - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 24 | 24-6р | Многочисленные трещины и вырывы металла сепаратора | 8266 |

| № п/п | Объект | № | Результат ревизии | Наработка в составе ТПО ГПА |
|-------|------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 11 | 6р-11 | | 12557 |
| 2 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 11 | 6р-1-11 | | |
| 3 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 11 | 6р-2-11 | | |
| 4 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 12 | 6р-12 | Повреждение контровочной шайбы, незначительные задиры на поршне и сепараторе. Выполнена замена шайбы. | 24397 |
| 5 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 12 | 6р-1-12 | Повреждение контровочной шайбы, задиры на поршне и сепараторе. Выполнена замена шайбы. | |
| 6 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 12 | 6р-2-12 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 7 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 13 | 6р-13 | Ослабление крепления поршня, повреждение контровочной шайбы. Выполнена замена гайки, шайбы. | 26636 |
| 8 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 13 | 6р-1-13 | Ослабление крепления поршня, повреждение контровочной шайбы. Замена клапана на новый. | |
| 9 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 13 | 6р-2-13 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 10 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 14 | 6р-14 | Повреждено главное уплотнение сепаратора, контровочной шайбы. | 18020 |
| 11 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 14 | 6р-1-14 | Повреждения главного уплотнения, поджимной втулки сепаратора. Небольшие задиры на сепараторе. Трещина в поршне. | |
| 12 | КС Портовая - КЦ № 1 - ГПА Ст.№ 14 | 6р-2-14 | Повреждено главное уплотнение сепаратора. Небольше борозды на сепараторе. | |
| 13 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 21 | 6р-21 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе, повреждено уплотнение сепаратора. Не загнуты два лепестка контровочной шайбы. | 14158 |
| 14 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 21 | 6р-1-21 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе, повреждено уплотнение сепаратора. Не загнуты два лепестка контровочной шайбы. | |
| 15 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 21 | 6р-2-21 | Небольшие борозды на сепараторе и поршне. | |
| 16 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 22 | 6р-22 | Повреждение контровочной шайбы, задиры на поршне и сепараторе. Выполнена замена шайбы. | 15473 |
| 17 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 22 | 6р-1-22 | Повреждения гильзы крепления сепаратора (поджимной гайки), задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 18 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 22 | 6р-2-22 | | |
| 19 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 23 | 6р-23 | Повреждение контровочной шайбы, задиры на поршне и сепараторе. | 16068 |
| 20 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 23 | 6р-1-23 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 21 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 23 | 6р-2-23 | Значительные задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 22 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 24 | 6р-24 | Повреждение контровочной шайбы, задиры на поршне и сепараторе. | 20970 |
| 23 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 24 | 6р-1-24 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |
| 24 | КС Портовая - КЦ № 2 - ГПА Ст.№ 24 | 6р-2-24 | Задиры и борозды на поршне и сепараторе. | |

1. Абразивный износ и ослабление элементов крепления, повреждение контрольной шайбы



2. Дефекты главного уплотнения и уплотнения поршня



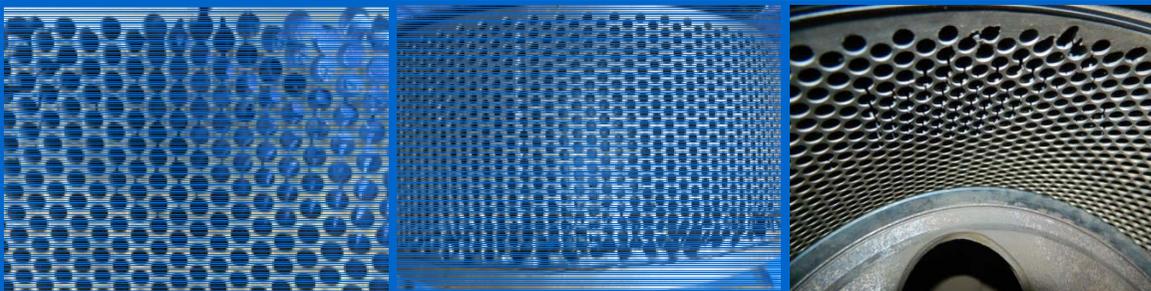
3. Дефекты сепараторов

Выявленные повреждения сепараторов можно условно разделить на три степени:

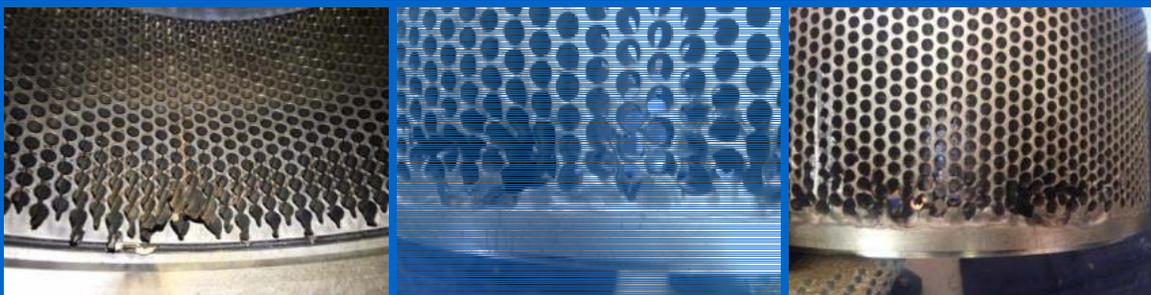
Начальная степень повреждения
(единичные разрушения перегородок, размыв отверстий в первых рядах перфорированной части сепаратора от выхода из АПК);



Средняя степень повреждения
(многочисленные повреждения перегородок со смыканием дросселирующих ячеек более 3 шт. последовательно);



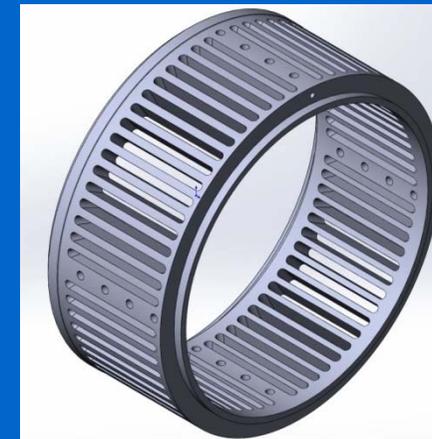
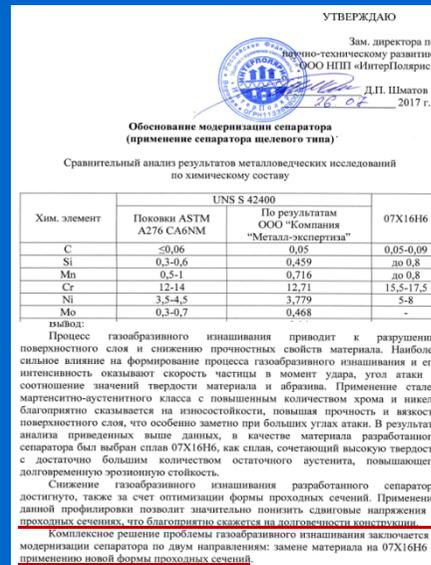
Высокая степень повреждения
(протяженные смыкающиеся разрушения перегородок, наличие очаговых нарушений целостности перфорированной части сепаратора).



Зона концентрации дефектов – по всей окружности сепаратора.

Результаты металловедческой экспертизы:

1. Разрушение стенок и основы сепаратора между отверстиями носит чисто абразивный характер износа. Такой износ характерен для движущихся с большой скоростью газов или жидкостей с твердыми дисперсными частицами.
2. Для увеличения износостойкости необходимо увеличить твердость материала сепаратора, либо создать износостойкое покрытие.
3. Комплексное решение газоабразивного изнашивания заключается в модернизации сепаратора по двум направлениям:
 - Выбор сплава сочетающего высокую твердость с достаточно большим количеством остаточного аустенита, повышающего долговременную эрозионную стойкость.
 - Оптимизация формы проходных сечений – применение сепаратора щелевого типа



Новая модель сепаратора щелевого типа АПК, предлагаемая ООО «Некст Трейд»

Причины разрушения сепараторов АПК являются:

- наличие механических примесей и посторонних предметов во внутренней полости ТПО в период проведения пуско-наладочных работ и начального периода эксплуатации, размеры которых превышают параметры, указанные в опросных листах Заказчика;
- кавитационное разрушение перегородок дросселирующих ячеек перфорированной части сепаратора АПК вследствие возможного превышения скорости газа и/или ошибок в расчетах пропускной способности клапана;
- по результатам исследований, анализ химического состава металла сепаратора свидетельствует о превышении содержания вредных примесей в материале сепаратора, влияющих на пластичность и вязкость металла: серы на 70% и фосфора на 33%, относительно предельных показателей марки стали, указанной в паспорте на АПК.

Основная причина:

наличие механических примесей и посторонних предметов во внутренней полости ТПО в период проведения пуско-наладочных работ и начального периода эксплуатации



Посторонние предметы в регулирующем клапане линии рециркуляции КС Волховская, обнаруженные в 2014 году



Гайка поршня



Сепаратор пр-ва ООО «Некст Трейд» (слева)
Сепаратор пр-ва Mokveld Valves (справа)



Поршень
новый (слева) старый (справа)



Новые уплотнения

Отечественные аналоги АПК «Mokveld»



Клапан
ОАО «ТЭМЗ им. Вахрушева»
г. Томск



Клапан
ЗАО «РУСТ-95»
г. Санкт-Петербург



Клапан
ООО «Некст Трейд»
г. Воронеж



Клапан
ОАО «АЭМ-технологии»
«Атоммаш»
г. Волгоград

Импортозамещение трубопроводной арматуры

В сентябре 2018г. сотрудники ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» приняли участие в стендовых испытаниях обратного клапана АО «Атоммашэкспорт», г. Волгодонск.

Испытания проходили в Испытательном центре энергетического оборудования ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург. Данные клапаны планируются к установке на КС «Славянская» МГ «Северный поток – 2».

Предъявленный клапан прошел приемочные испытания



Клапан обратный с осевым перемещением запорного органа (осесимметричный), безударный, с возвратной пружиной, DN 800 PN 25,0 МПа на испытательном стенде

Принятые решения и предложения

1. Сократить межинспекционный период

В связи с отсутствием официальных данных о нормах отбраковки проводить осмотр клапанов:

- после завершения ПНР;
- 1 раз в год (в первые 5 лет эксплуатации);
- 1 раз в 3 года (в последующий период).

2. Оснастить ТПО ГПА бобышками

Для обеспечения возможности обследования антипомпажных клапанов с помощью эндоскопов оснастить ТПО ГПА бобышками

3. Доработать линии рециркуляции для возможности обследования

Разработать типовые технологические решения по доработке линий рециркуляции для обследования подземных клапанов с помощью эндоскопов.

4. Оснастить ИТЦ эндоскопами с длиной зонда 6-8 метров.

Для обследования подземных клапанов с помощью эндоскопов.

5. Проводить ВТД (осмотр) трубопроводов перед началом ПНР

На предмет отсутствия посторонних предметов.

6. Контровка гайки методом монтажа винта-гужона

С целью предотвращения срыва шайбы и гайки штока поршня антипомпажного клапана

Проверено, что разворот клапана на 180 градусов (в положение гайкой навстречу потоку газа) не приносит требуемого результата.

| Срок службы клапана | Количество осмотров |
|---------------------|---------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |
| 5 | 1 |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | 1 |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | 1 |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | 1 |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | 1 |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | 1 |
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | 1 |
| 24 | |
| 25 | |
| 26 | 1 |
| 27 | |
| 28 | |
| 29 | 1 |
| 30 | |
| Итого: | 13 |

Осмотр клапана Mokveld на КС Валдай сотрудниками ИТЦ эндоскопом через бобышки



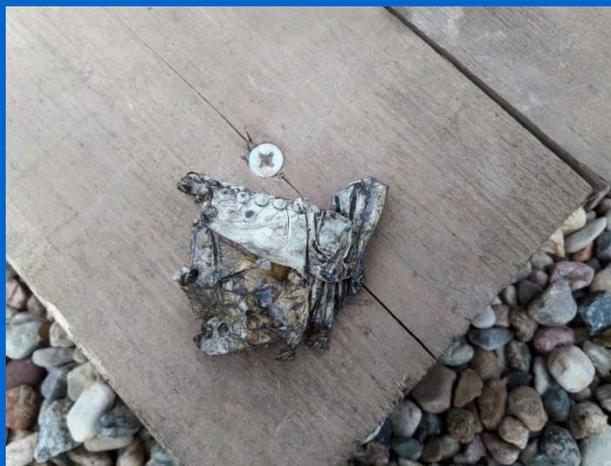
Осмотр эндоскопом со стороны выхода газа из клапана



Осмотр эндоскопом со стороны входа в клапан

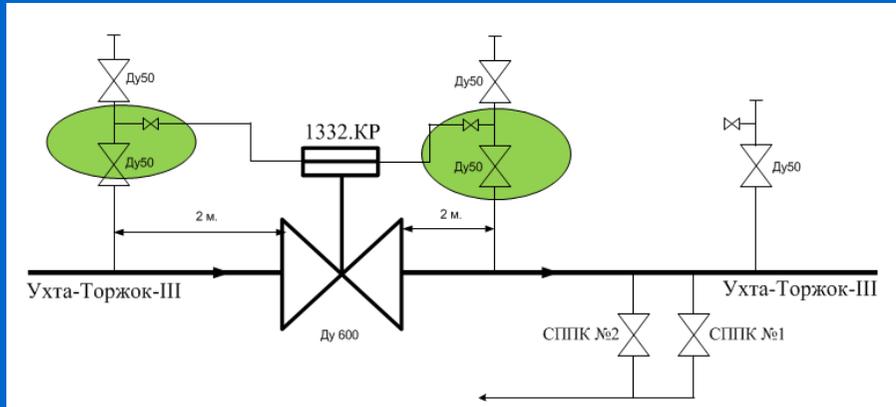


Демонтаж клапана для извлечения посторонних предметов



Обнаруженные посторонние предметы

Возможность осмотра внутренней части подземных клапанов-регуляторов с помощью эндоскопа с длиной зонда 8 метров




УПРАВЛЕНИЕ В 4-х НАПРАВЛЕНИЯХ

- КАМЕРА ССД
- СВЕТОДИОДНАЯ РЕГУЛИРУЕМАЯ ПОДСВЕТКА
- УВЕЛИЧЕНИЕ И ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ
- МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ОПЛЕТКА ЗОНДА

УСТОЙЧИВ К ВОДЕ, МАСЛАМ И АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ

- 3.5" ЖК-ДИСПЛЕЙ





| | |
|------------------|-------------------|
| Жесткость зондов | Гибкие |
| Диаметры зондов | 2.8, 3.9, 6.9 мм |
| Длины зондов | 1, 1.5, 3, 5, 8 м |