

Опыт применения технологии и оборудования для стыковой контактной сварки толстостенных труб промыслового сортамента

ктн, Хоменко В.И., (Российский Союз Нефтегазостроителей)

к.т.н. Григорьев М.В. (МГТУ им. Н.Э.Баумана)

инж. Казанцев Ю.В., инж. Казанцев М.Ю. (ООО "Промэнерго"),

инж. Виноградов А.Н., инж. Яковенко В.Е. (ЗАО "ЮгСтройМонтаж"),

инж. Сазанов С.Н., инж. Засорин Ю.В. (ООО "ИНК")



Объемы строительства промышленных трубопроводов

2017 г		1500 км
2018 г		2000 км
2019 г		2500 км

Причины увеличения объема строительства промышленных трубопроводов

1. Освоение новых месторождений
2. Снижение производительности действующих
3. Капитальный ремонт действующих (через 2 – 3 года)

Существующие методы сварки трубопроводов малого диаметра

Дуговые методы сварки:

1. Ручная дуговая сварка штучными электродами
2. Механизированная сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях
3. Автоматическая сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов
4. Автоматическая сварка под флюсом

Прессовые методы сварки:

1. Контактно - стыковая сварка оплавлением (КСО)
2. Сварка трением (в стадии разработки)

Некоторые проблемы дуговой сварки современных трубопроводов

1. Низкая производительность имеющихся дуговых методов сварки (проблема сварки корня шва)
2. Необходимость применения предварительного подогрева стыков, использования специальных сварочных материалов и газов
3. Высокая чувствительность к погодным условиям
4. Высокий процент ремонтируемого и неремонтируемого брака
5. Высокие требования к квалификации сварщиков
6. Существенное влияние человеческого фактора

СТЫКОВАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА ОПЛАВЛЕНИЕМ

Преимущества стыковой контактной сварки оплавлением

1. Высокая производительность за счет образования соединения одновременно по всему периметру (сварка 1 стыка за 1-3 мин.)
2. Независимость качества соединения от погодных условий и человеческого фактора
3. Не требуются сварочные материалы и газы
4. Не требуется предварительный подогрев стыков перед сваркой, а так же специальная подготовка торцов
5. Небольшое количество обслуживающего персонала (5-9 чел.)
6. Полная автоматизация процесса сварки
7. Компьютерная оценка качества сварного соединения
8. Высокая коррозионная стойкость сварного соединения
9. Низкий процент ремонтируемого брака (0,2%)

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СТЫКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Механизм образования сварного соединения при стыковой контактной сварке оплавлением (КСО)

- Процесс оплавления** нагрев соединяемых поверхностей труб до температуры плавления металла - 1450 °С при сплавлении кромок по всему периметру за счет прохождения электрического тока в местах их контакта.
- Процесс осадки** пластическая деформация нагретого до температуры плавления металла соединяемых поверхностей труб одновременно по всему периметру для образования сварного соединения в твердой фазе.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА СТЫКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ

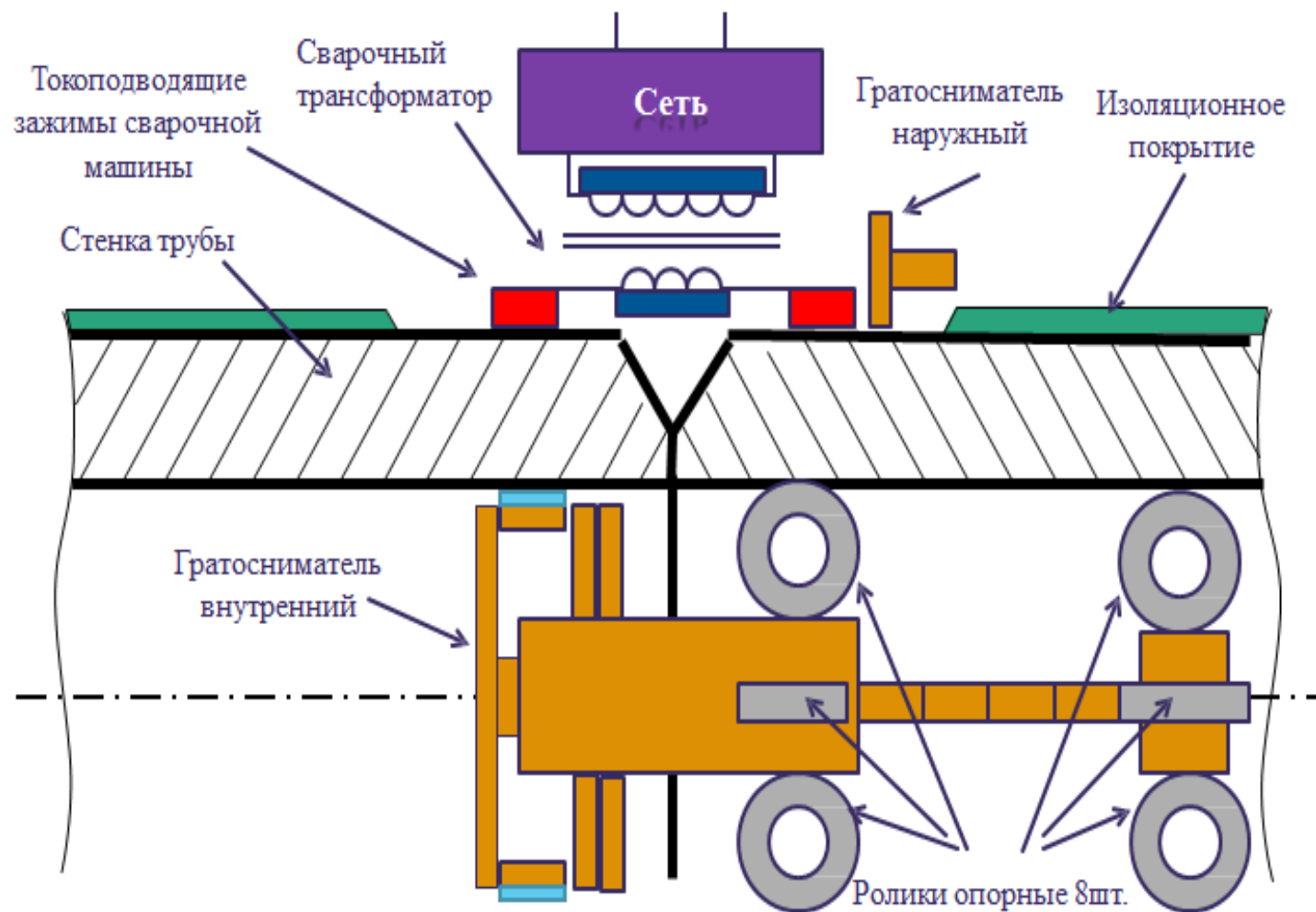
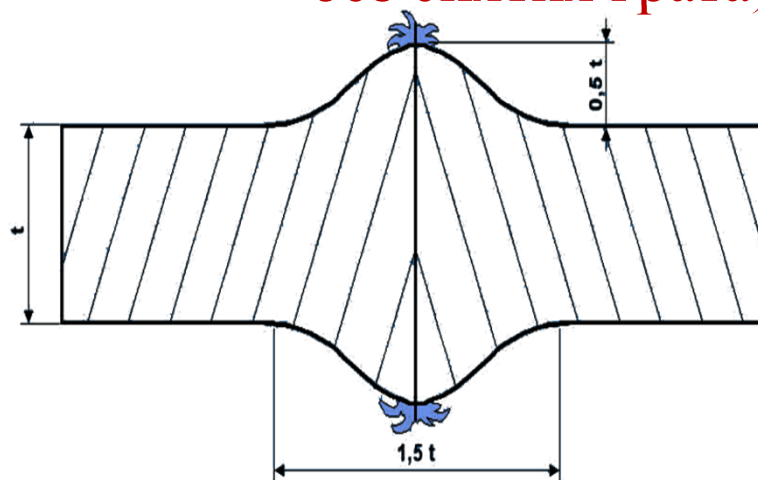
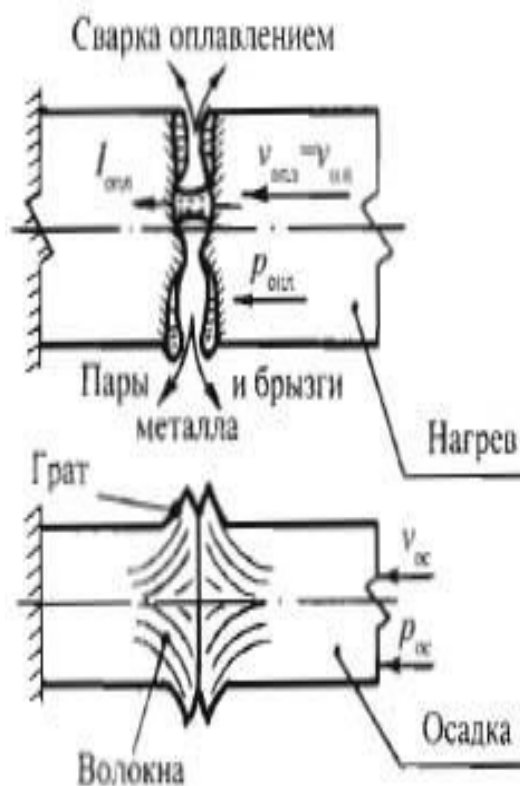


СХЕМА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛУЧЕННОГО КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ

(одновременно по всей толщине стенки и
всему периметру трубы
без снятия грата)



t – толщина стенки
трубы

НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СТЫКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Международные
нормативные
документы



API 1104
DNV-OS-F101

Российские
нормативные
документы



СНиП III- 42-80
ВСН 2-72-82
ВСН-012-88
СП 105 (ОАО «Газпром»), 1996 г
РД ОАО «Газпром» 2010 г
СТО Газпром 2-2.2-1098- 2016

ОБЪЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТЫКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ В РОССИИ

Диаметр труб
57 – 325 мм



с 1960 г
сварено более 70 тыс.км
(Промысловые трубопроводы)

Диаметр
1020 -1420 мм
Изготовлено более
65 комплексов



с 1980 г
сварено более 10 тыс.км
(Магистральные газопроводы)
Западная Сибирь-Центр-
Западная
Европа (6 ниток) в том
числе Уренгой-Помары-
Ужгород, Уренгой-Петровск,
Уренгой- Грязовец, Уренгой-
Новопсков

До настоящего времени нет случая разрушения
сварного соединения КСО

ТРУБОПРОВОДЫ, КОТОРЫЕ СВАРИВАЛИ СТЫКОВОЙ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Диаметр свариваемых труб, мм.	Толщина стенки, мм.	Марка стали
57 – 89	3,5 – 5,0	X42 – X70
114 – 325	4,0 – 16	
720 – 820	7,0 – 14	
920 – 1020	8,0 – 15	
1220	10 – 16, 27	
1420	14 – 22,3	

Цель работы:

Разработка технологии и создание высокопроизводительного комплекса оборудования для стыковой контактной сварки толстостенных труб промышленного сортамента

Работы которые необходимо было выполнить для создания комплекса оборудования .

1. Оценить параметры силового контура машины
2. Разработать гидравлическую силовую часть сварочной машины
3. Разработать цифровую систему управления процессом оплавления и осадки
4. Установить современные датчики давления, сварочного тока и перемещения подвижной части сварочной машины,
5. Определить потребляемую мощность, габариты и параметры сварочных трансформаторов, мощность передвижной электростанции.
6. Определить параметры токопроводящих втулок,
7. Согласовать электрические параметры датчиков тока и перемещения с системой обратной связи по току для реализации пульсирующего и импульсного процесса оплавления
8. Определить необходимое усилие и параметры наружного и внутреннего гратоснимателей.
9. Определить технологические параметры процесса оплавления и осадки, обеспечивающие получение качественного соединения.
10. Разработать технологию и создать оборудование для неразрушающего АУЗ контроля качества сварных соединений.

Состав комплекса оборудования ТКУП 321МТ :

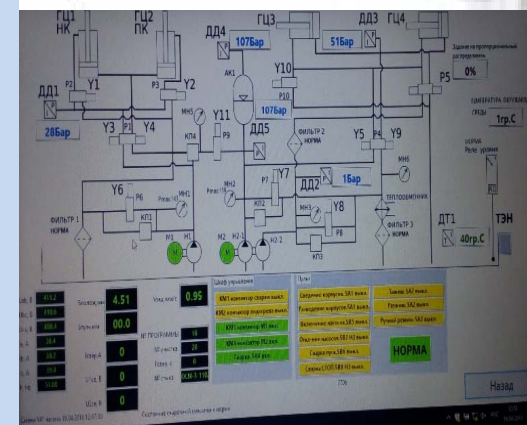
1. Сварочная машина К584МТ с компьютерной системой управления процессом сварки.
2. Трубоукладчик ТР12
3. Передвижная дизельная электростанция ЭД 500-Т/400
4. Кунг П-10 на базе шасси МАЗ-5224В низкорамный, унифицированный, герметизированный для шкафов управления и гидростанции,
5. Внутренний и наружный гратосниматели,
6. Комплект вкладышей для сварки труб различного диаметра.
7. Оборудование АУЗК

Внешний вид сварочной машины К584МТ



Система управления и контроля технологических параметров процесса сварки, паспортизации стыка и диагностирования основных систем сварочной машины

Все операции происходят в автоматическом режиме. Сварочная машина и гратосниматели оснащены компьютерной системой установки и регистрации технологических параметров. После сварки автоматически выдается паспорт на сварное соединение. С помощью компьютерного устройства выполняется оценка соответствия установленных параметров реализованным, дается предварительное заключение о качестве сварного соединения.

[illegible]

Параметры свариваемых труб

На машине К-584МТ	Примечание: Свариваемое максимальное сечение на К-584МТ
Ø 114 x (4,5 – 28) мм.	7561
Ø 133 x (5,0 – 30) мм.	9703
Ø 159 x (6,0 – 36) мм.	13904
Ø 168 x (6,0 – 30) мм.	13000
Ø 219 x (7,0 – 28) мм.	16793
Ø 273 x (7,0 – 26) мм.	20175
Ø 325 x (7,0 – 18) мм.	17360

Силовые параметры сварочной машины K584MT

Диаметры и толщины свариваемых труб,мм	Электрическая мощность при ПВ 50% кВ.А	Мало углеро дистые стали мм ²	P _{ос} , ТН	P _{зак} ТН	Аусте нитные стали мм ²	P _{ос} ТН	P _{зак} ТН
168x18	100	7637	36	73	7637	61	122
219x24	200	14700	70	140	14700	117	234
273x26	250	20165	99	180	20165	161	322
325x18	250	17360	80	160	17360	139	278

Технические характеристики комплекса оборудования для стыковой контактной сварки толстостенных труб промышленного сортамента

Сварочная машина К 584 МТ	Диаметр свариваемых труб 114 – 325 мм	
	толщина 4 – 16 мм	толщина 14 – 30 мм
Мощность электростанции	200 кВт	500 кВт
производительность	4 – 6 ст /час	3 – 5 ст /час
Количество персонала	5-7 чел	5-7 чел
Изготовитель комплекса	ООО «Промэнерго» г. Челябинск	

Автоматизированный УЗ контроль	Диаметр свариваемых труб 114 – 325 мм толщиной 4 – 30 мм	
производительность	6 ст /час	
Количество персонала	3 чел	
Изготовитель оборудования	ЗАО «Ультракraft» г. Череповец	

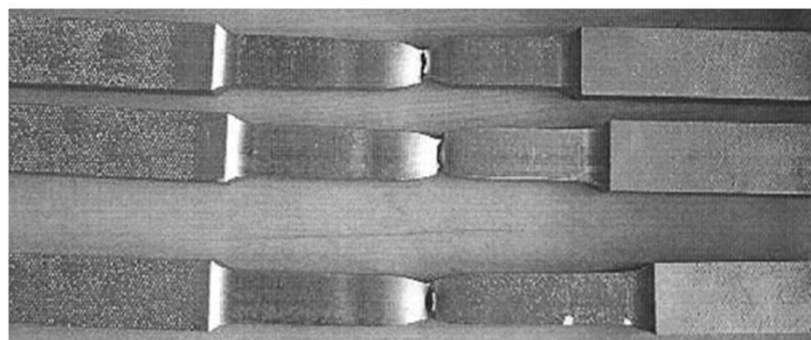
Внешний вид соединения труб диаметром 273х26 мм сразу после сварки



Результаты испытаний сварных соединений



испытанные на статическое растяжение



Протокол механических испытаний сварных соединений



Форма Ф. 2.20-07/02-17

АО "ИркутскНИИхиммаш"

Испытательный центр

Испытательная лаборатория разрушающих и других видов испытаний

Аккредитована в единой системе оценки соответствия
Свидетельство № ИЛ/ЛРИ-00946 до 17.02.2022

Сертифицирована ФБУ «Иркутский ЦСМ»
Свидетельство № 68-5/859 до 25.09.2018

ПРОТОКОЛ № 66-18 МЕХ

механических испытаний

Дата проведения 27.02.2018

Заказчик АО «ИНК»

Объект контроля «Водовод высокого давления от ДНС до КП 52»

Контрольное сварное соединение, контактно-стыковая сварка оплавлением.

Материал Труба 09Г2С ГОСТ 32528-2013, Ø273х26

Сварщик Пономаренко

Испытательные машины ГРМ-2, зав. № 32, поверена ФБУ «ИЦСМ», свидетельство о поверке № 384-530, действительно до 12.05.2018.

Оценка качества сварного соединения проводилась в соответствии с ВСН 012-88 [1].

Испытания образцов контрольных сварных соединений проводилось в соответствии с ГОСТ 6996-66 [2].

Результаты испытаний на растяжение представлены в таблице 1, результаты испытаний на статический изгиб представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты испытаний на растяжение

Наименование	№ образца	Температура испытаний, °C	σ_b , МПа	Среднее значение σ_b , МПа	Место разрыва	Временное сопротивление согласно σ_b , МПа По ГОСТ 32528-2013 [3] для стали 09Г2С
КСС 273х26	1	20	501	499	По основному металлу	Не менее 470
	2		497		По основному металлу	

Таблица 2 – Результаты испытаний сварного шва на статический изгиб

Наименование	№ образца	Направление загиба	Угол загиба, градусы	Угол загиба по ВСН 012-88	Результат
КСС 273х26	1	На ребро	>110	Min 40 Max 110	Удовлетворительно
	2	На ребро	>110		Удовлетворительно
	3	На ребро	>110		Удовлетворительно
	4	На ребро	>110		Удовлетворительно

Заключение

1. Механические свойства сварного соединения при испытании на растяжение и изгиб соответствуют требованиям ВСН 012-88



Форма Ф. 2.20-07/02-17

Нормативные документы

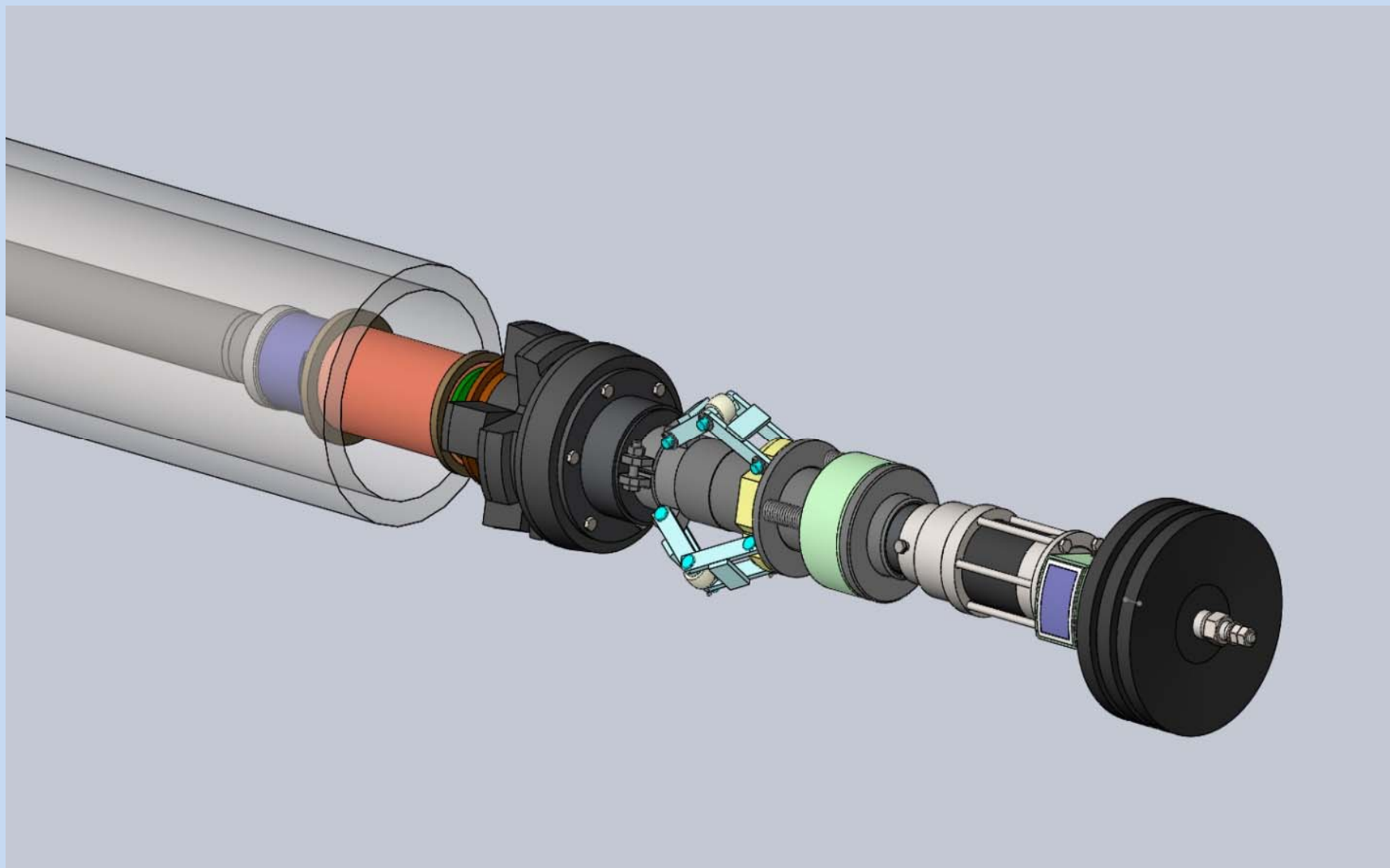
1. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть 1.
2. ГОСТ 6996-66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
3. ГОСТ 32528-2013 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.

Заместитель заведующего Испытательным центром
специалист III уровня квалификации по ВК (с. 10)
(уд. № НОАП 0034-0619-2016-ЛРИ действ. до 16.12.2021 г.)



С.И. Кириллов

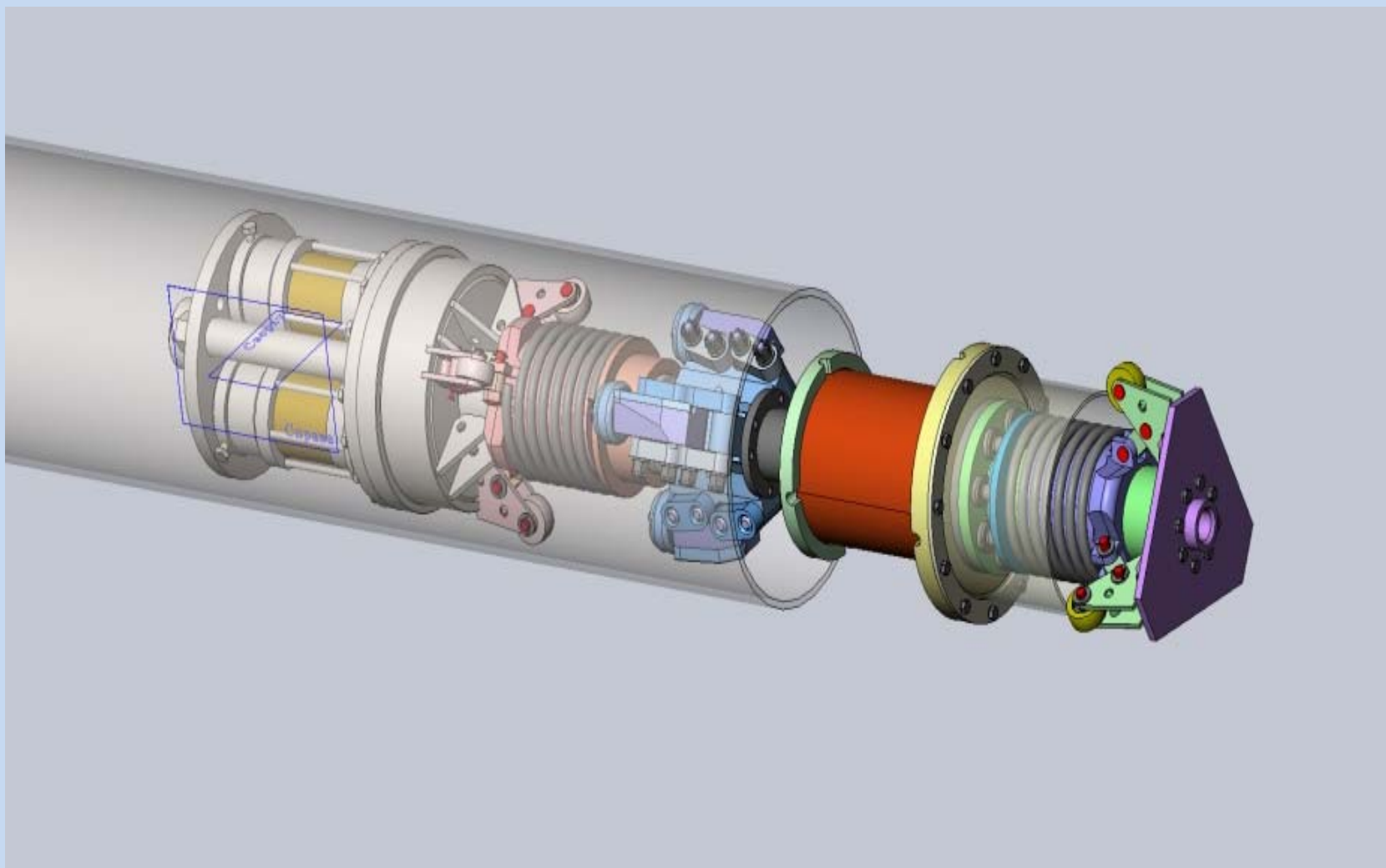
Внутренний гратосниматель протяжного типа



Внутренний гратосниматель с вращающимися режущими элементами



Внутренний гратосниматель комбинированного типа



НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

- ❑ Инструкция по технологии стыковой контактной сварки оплавлением труб
- ❑ Инструкция по контролю качества сварных соединений выполненных стыковой контактной сваркой оплавлением

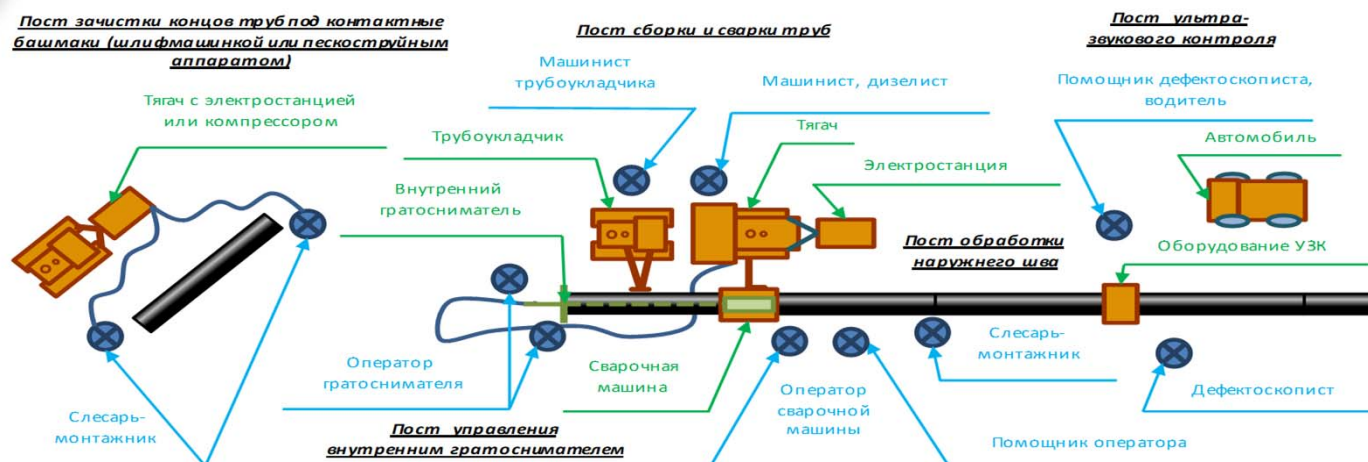
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

- Технологические карта на стыковую контактную сварку и контроль качества сварных соединений труб диаметром от 114 до 325 мм и с толщинами от 4 – 30 мм
- Технологическая карта на контроль качества сварных соединений выполненных стыковой контактной сваркой

Схема организации работ на трассе.



СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА СВАРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ



**Услуги по сварочно-монтажным работам,
выполняемые Группой «Нефтегазстрой»**

Циклограмма выполнения сварочно-монтажных работ на трассе

1. Подготовка поверхности труб под контактные башмаки - 1.5 - 2 мин

2. Подача трубы и внутреннего гратоснимателя в зону сварки - 1.5 - 2 мин

3. Центровка стыка - 1.0 - 2 мин

4. Сварка стыка – 1.5 – 2.5 мин

5. Снятие наружного и внутреннего грата – 2 мин

6. Переезд комплекса к следующему стыку - 2 - 3 мин

7. АУЗ контроль качества сварного соединения - 3 мин

Общее время полного цикла сварки и контроля стыка - 8 - 12 мин

Выполнение сварочно-монтажных работ на трассе



The welding and assembly operations on the track



После сварки



Неразрушающий АУЗ контроль качества сварных соединений



Производственные показатели комплекса

- 1. Время сварки одного стыка – 1.5 -2.5 мин**
- 2. Время снятия наружного и внутреннего грата – 2 мин**
- 3. Время центровки – 2 -3 мин**
- 4. Максимально достигнутая производительность – 40 ст/см при сварке труб диаметром 273х26 мм**
- 5. Средняя производительность – 24 ст/см**
- 6. Время АУЗконтроля одного стыка – 3 мин**
- 6. Процент брака – 0.2%**
- 7. Количество обслуживающего персонала – 6 - 7 чел.**

Выводы

- 1. Спроектирован, изготовлен и введен в эксплуатацию комплекс оборудования с АУЗ контролем качества сварных соединений для стыковой контактной сварки оплавлением толстостенных труб промышленного сортамента.**
- 2. Комплекс обеспечивает высокое качество и низкую себестоимость сварочно-монтажных работ и работ по АУЗ контролю качества сварных соединений при строительстве промышленных трубопроводов в сложных природно-климатических условиях.**
- 3. Получен положительный опыт по применению комплекса оборудования для стыковой контактной сварки оплавлением при строительстве промышленных трубопроводов.**

Спасибо за
внимание

