



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к лабораторным работам

**«Разработка операционно-  
технологических карт ремонта опасных  
производственных объектов»**

Авторы  
Людмирский Ю.Г.,  
Котлышев Р.Р.,  
Бубенок Е.Н.

Ростов-на-Дону, 2013



## Аннотация

Методические указания к лабораторным работам по курсам: «Ремонт и восстановление деталей», «Ремонт и восстановление сварных конструкций», «Ремонт систем нефтегазовых сооружений, диагностика и контроль их качества» для студентов дневного и заочного отделений специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»

В методических указаниях представлена форма карт технологического процесса сварки и наплавки при выполнении ремонтных работ. Приведены примеры разработки операционно-технологических карт ремонта дефектных участков сварных швов в процессе производства сварных конструкций и в процессе их эксплуатации

## Автор

Людмирский Ю.Г. – доктор технических наук

Котлышев Р.Р. – кандидат технических наук

Бубенок Е.Н. - ассистент





## Оглавление

Введение.....	4
Содержание операционно-технологической карты ремонта сваркой или наплавкой .....	6
Операционная технологическая карта заварки механических и коррозионных повреждений стенки трубы класса прочности К60 при допустимом давлении и скорости движения нефти .....	12
Операционная технологическая карта сборки и сварки ремонтной конструкции П2 на трубе класса прочности К52 при допустимом давлении и скорости движения нефти.....	17



## ВВЕДЕНИЕ

За последние годы во многих ключевых отраслях России: транспортной, топливно-энергетической, аграрно-промышленной, нефтегазодобывающей и др. заметно увеличился износ основных производственных фондов. Так, например, значительная часть нефтегазовых сооружений выработала свой плановый ресурс (33 года) на 60-70 %. Ориентировочно более 5% газопроводов, 25 % нефтепроводов и 50 % резервуарного парка полностью исчерпали свой плановый ресурс [1].

Изношенная техника приводит к увеличению числа аварий с тяжелыми экологическими последствиями, к длительным простоям оборудования, увеличению цены той продукции, которая должна была быть произведена этой техникой.

В условиях старения и износа металлических конструкций возрастает потребность ремонта и восстановления работоспособности деталей с применением сварочных технологий.

Выход из строя сварных конструкций и деталей машин обусловлен конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами.

Целью ремонта конструкций и восстановления деталей машин является достижение ими функциональных свойств и показателей ресурса. Функциональные свойства определяют работоспособность конструкций и деталей, а ресурсные показатели – полноту восстановления необходимого ресурса их работы.

Обобщёнными показателями качества восстановления деталей и сборочных единиц являются:

- прочность, в том числе статическая и циклическая;
- износостойкость.

Ниже приведены основные цели, достижение которых обуславливает необходимость ремонта конструкций:

- восстановление целостности сварной конструкции;
- обеспечение прочности при статических и циклических нагрузках;
- восстановление состояния рабочих поверхностей;
- восстановление фрикционных характеристик и износостойкости;
- обеспечение коррозионной, эрозийной и кавитационной стойкости.

Возможны и другие, специфические, цели ремонта, связанные с изменившимися условиями работы конструкции.

Специфика ремонтного производства состоит в том, что при выполнении ремонта мы имеем дело с уже созданными конструкциями. Это накладывает ограничения на применяемые способы сварки и сварочные материалы, положение сварного соединения в пространстве, ограничивает доступность мест сварки. В некоторых случаях ограничиваются возможности подогрева металла при сварке и последующей термической обработки сварного соединения. При ремонте часто приходится выполнять сварку в неблагоприятных внешних условиях. Сварной шов, как правило, находится в жестком окружении участков конструкции, что способствует появлению более высокого уровня остаточных напряжений и осложняет как процесс сварки, так и достижения требуемых функциональных свойств.

Все это приводит к необходимости разработки специальных технических решений в каждом конкретном случае выполнения ремонтных работ.

На стадии изготовления конструкции ремонт, как правило, применяют с целью устранения дефектов, возникающих в сварном шве. При монтаже ремонт применяют не только для устранения дефектов в шве, но также для восстановления размеров и формы отдельных частей (участков) конструкции, возникающих при нарушении технологии сборки или небрежного выполнения вспомогательных операций.

На стадии эксплуатации конструкции необходимость ремонта наиболее часто обусловлена накоплением коррозионных повреждений, зарождением и развитием усталостных трещин, износом поверхностей деталей в результате трения, а также, нарушением условий эксплуатации, приводящим к преждевременному разрушению.

Выполнение ремонта с применением дуговой сварки сопряжено с повторным нагревом металла, что может приводить к нежелательным изменениям его механических характеристик и возникновению высоких реактивных напряжений. Потому допустимое количество повтор-



ных ремонтов на одном участке строго регламентируется.

В большинстве случаев разработку операционно-технологических карт сварки или наплавки выполняют под конкретное назначение, поскольку их содержание существенно зависит от вида повреждения и типа конструкции. При разработке технологии ремонта необходимо учитывать рекомендации отраслевых документов, которые основаны на опыте выполнения ремонта сварных конструкций в различных отраслях промышленности применительно к определённому виду деталей или конструкций, а также к различным материалам.

Качество ремонтных работ в основном закладывается на этапе разработки операционно-технологических карт. Они должны определить все тонкости технологии данного процесса, так как именно по ним должны проводиться все сварочные работы.

Любые виды сварочных работ и сопутствующие операции в обязательном порядке должны соответствовать разработанной технологии, для этого сварщикам необходимо привить самоконтроль, за строгим выполнением технологии сварки должны наблюдать бригадир, мастер или технолог, принимать качество ремонтных работ, должен отдел технического контроля и Заказчик, а на опасных производственных объектах представители «Ростехнадзора».



## СОДЕРЖАНИЕ ОПЕРАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ РЕМОНТА СВАРКОЙ ИЛИ НАПЛАВКОЙ

В операционно-технологической карте должны быть подробно описаны все этапы технологического процесса, которые касаются всех аспектов сварочных работ.

Операционно-технологические карты должны содержать:

1. Способ сварки;
2. Нормативный документ по ремонту сваркой или наплавкой;
3. Основной материал (марка, или класс прочности, сочетание марок);
4. Основной материал (группа материала);
5. Номер ГОСТа или ТУ на материал;
6. Эквивалент углерода;
7. Типоразмер (диаметр деталей в зоне сварки, толщина);
8. Виды сварных соединений (односторонняя сварка - ОС, двухсторонняя сварка - ДС);
9. Сварочные материалы (типы и марки электродов, марка сварочной проволоки, защитного газа, флюса и т.д.);
10. Тип сварного шва: стыковой шов (СШ), угловой шов (УШ);
11. Тип сварных соединений: стыковое (С), угловое (У), тавровое (Т), нахлесточное (Н);
12. Вид сварного соединения: односторонняя сварка (ОС), двусторонняя сварка (ДС)
13. Вид и номинальный угол разделки кромок: без разделки кромок (бр), с разделкой кромок (с разделкой);
14. Угол разделки кромок: не более  $15^\circ$ , свыше  $15^\circ$ ;
15. Форма подготовки кромок (С2, С17, Т1, Т3, Н1, Н2 и другие по соответствующим ГОСТам);
16. Пространственное положение шва: Н1 – нижнее стыковое и в «лодочку», Н2 – нижнее тавровое, Г – горизонтальное, П1 – потолочное стыковое, П2 – потолочное тавровое, В1 – вертикальное снизу вверх, В2 – вертикальное сверху вниз, Н45 – наклонное под углом  $45^\circ$ ;
17. Вид покрытия электродов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами: А – с кислым покрытием, Б – с основным покрытием, Ц – с целлюлозным покрытием, Р – с рутиловым покрытием, РА – с кисло-рутиловым покрытием, РБ – с рутил-основным покрытием, РЦ – с рутил-целлюлозным покрытием, П – с прочими и специальными видами покрытий;
18. Способ сборки (с использованием центриатора, специального приспособления, на прихватках);
19. Просушка стыка (требуется, не требуется, температура просушки);
20. Требования к прихватке (длина, высота, шаг прихваток или количество)
21. Необходимость подогрева (без подогрева, с подогревом предварительным, сопутствующим, межваликовая температура);
22. Необходимость термической обработки (отпуск, нормализация, аустенизация и др. скорость нагрева, максимальная температура термической обработки, время выдержки, скорость охлаждения и др.);
23. Сварочное оборудование
24. Вспомогательный инструмент
25. Эскиз конструкции соединения до сварки (форма и геометрия разделки кромок).
26. Конструктивные элементы шва после сварки
27. Технологические параметры процесса сварки или наплавки (режим сварки).
28. Дополнительные требования и рекомендации
29. Перечень и последовательность выполнения операций сборки и сварки.
30. Требования к контролю качества сварных конструкций (Нормативный документ, методы, объемы, нормы, оценки качества).

Разрабатывая операционно-технологические карты на ремонт сваркой опасных производственных объектов подконтрольных Ростехнадзору РФ, следует отразить что:

- ремонтно-восстановительные работы должны осуществляться ремонтными подразделениями предприятий или специализированными организациями, располагающими специальными техническими средствами и работниками (ИТР и рабочие соответствующей квалификации



ции), обеспечивающими качественное выполнение работ в соответствии с нормативными документами (НД);

- руководящие инженерно-технические работники и сварщики, занятые монтажом и ремонтом объектов, подконтрольных Ростехнадзору РФ, должны быть аттестованы в соответствии с «Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты» и «Правилами аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и «Технологическому регламенту проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» РД03-495-02;

- сварщики должны иметь удостоверение установленной формы и могут производить сварочные работы тех видов, которые указаны в их удостоверении;

- для выполнения ремонтной сварки должны использоваться операционно-технологические карты, сварочное оборудование и материалы, аттестованные в соответствии с требованиями, изложенными в НД на данный объект;

- объекты ремонта должны быть подготовлены к ремонту в соответствии с действующими нормативными актами Ростехнадзора РФ;

- при ремонте сварные швы и места исправления должны быть доступны для контроля методами, предусмотренными НД.

Ниже приведены операционно-технологические карты на исправления дефектов сварных швов, заварки механических и коррозионных повреждений, сборки и сварки ремонтных конструкций.



Объект	Организация-подрядчик работ	Шифр карты
Подъемно- транспортное оборудование	ОАО «Азовский морской порт»	РД-1-02СОО/Ртр

**УТВЕРЖДАЮ:**

Генеральный директор

ОАО «Азовский морской порт»

\_\_\_\_\_ Г.В. Гребенюков

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
РЕМОНТА ТРЕЩИН РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКОЙ  
(РД-1-02СОО/Ртр)****РАЗРАБОТАНО:**

Специалист сварочного

производства III уровня

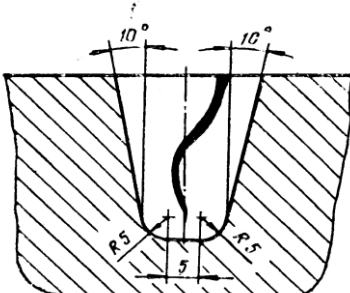
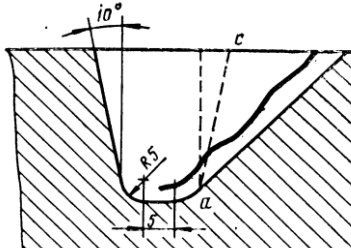
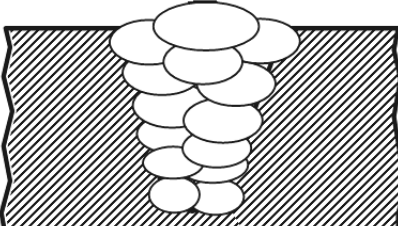
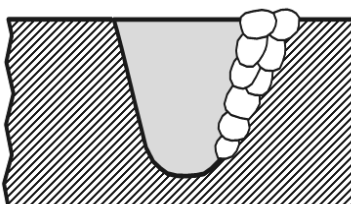
\_\_\_\_\_ В.Р. Тищенко

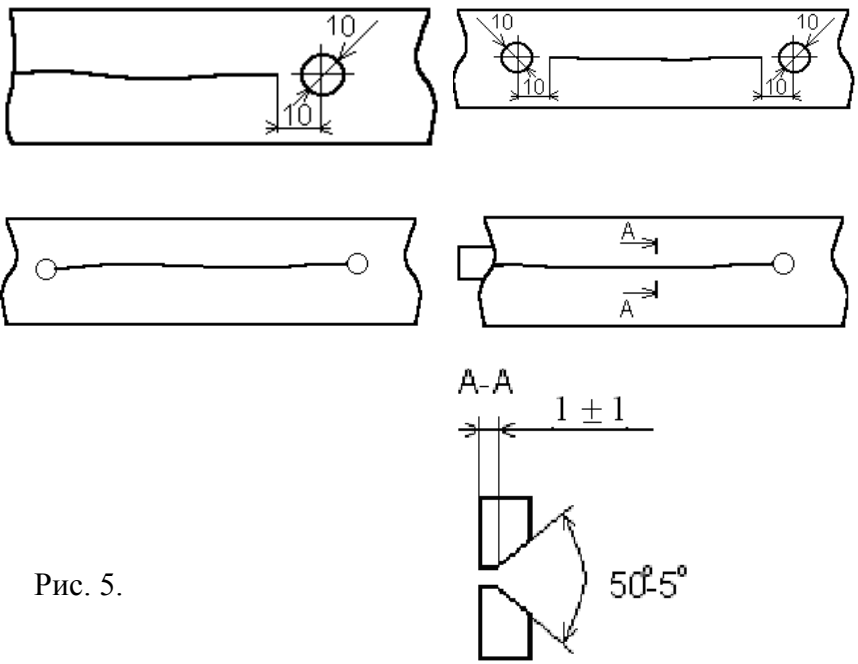
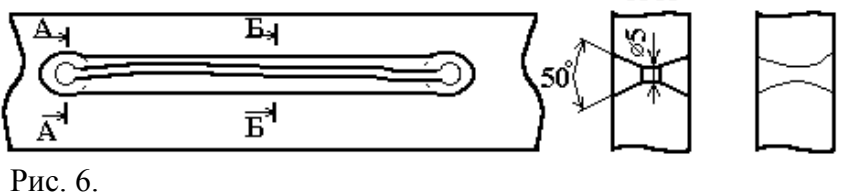
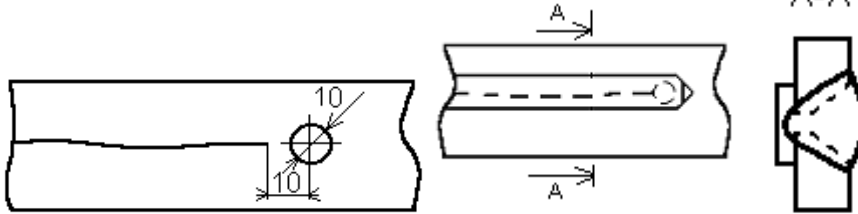
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

г. Ростов-на-Дону  
2010





<b>Объект</b> Подъёмно- транспортное оборудование	<b>Организация-подрядчик работ</b> ОАО «Азовский морской порт»	<b>Шифр карты</b> РД-1-02СОО/Ртр
<b>Способ сварки:</b> Ручная дуговая сварка Электродами с основным видом покрытия	<b>Основной материал:</b> Сталь СтЗсп5	
<b>Наименование НТД:</b> ГОСТ 5264-80;	<b>Номер ГОСТа, ТУ:</b> ГОСТ 380	
<b>Тип шва:</b> стыковой (СШ)	<b>Эквивалент углерода:</b> макс. 0,42	
<b>Тип соединения:</b> стыковое (С17)	<b>Толщина листа, мм:</b> 3-12	
<b>Положение при сварке:</b> Н1,В1,Г,П1	<b>Метод подготовки:</b> механическая обработка	
<b>Вид соединения:</b> одностороннее, без подкладки (ос, бп)	<b>Способ сборки:</b> на прихватках	
<b>Направление сварки:</b> снизу вверх	<b>Предварительный подогрев:</b> не требуется	
<b>Присадочные материалы (наименование, марка, размер, тип):</b> УОНИ-13/55, Э50А	<b>Просушка стыка:</b> при отрицательной температуре или наличии влаги нагревом до 50 <sup>0</sup> С. <b>Требования к прихватке:</b> прихватки длиной 30 - 40 мм, высотой 3-4 мм, количество 2 шт.	
<b>Защитный газ /флюс:</b> не применяется	<b>Сварочное оборудование:</b> выпрямитель ВД-406	
<b>Расход защитного газа:</b> не применяется <b>Сушка, прокатка сварочных материалов перед сваркой:</b> прокатка при температуре 360 °С в течение 2 часов.	<b>Вспомогательный инструмент:</b> Шлифовальная машинка, щётка, молоток, шаблон сварщика УШС-3, однопламенная горелка.	
<b>Эскиз №1</b> Конструкция соединения	<b>Эскиз №2</b> Порядок сварки и конструктивные элементы шва	
 <p style="text-align: center;">Рис. 1</p>	 <p style="text-align: center;">Рис. 2</p>	Форма разделки под сварку несквозных трещин, направленных нормально - рис.1 и наклонно – рис.2 к поверхности листа
 <p style="text-align: center;">Рис. 3</p>	 <p style="text-align: center;">Рис. 4</p>	Если трещина направлена наклонно к поверхности листа, то при ремонте путём многопроходной наплавки следует получить симметричную разделку кромок, как показано на рис.4. Последующий порядок заполнения разделки кромок как для трещин направленных нормально, так и наклонно к поверхности листа, показан на рис.3.

Объект	Организация- подрядчик работ	Шифр карты
Подъёмно- транспортное оборудование	ОАО «Азовский морской порт»	РД-1-02СОО/Ртр
 <p data-bbox="167 851 263 884">Рис. 5.</p>		<p data-bbox="1053 302 1428 448">Подготовка кромок и форма их разделки при наличии трещин и сварке с одной стороны, рис. 5.</p>
 <p data-bbox="167 1153 263 1187">Рис. 6.</p>		<p data-bbox="1053 1008 1428 1153">Подготовка кромок и форма их разделки при наличии трещин и сварке с двух сторон, рис. 6.</p>
 <p data-bbox="167 1467 263 1500">Рис. 7.</p>		<p data-bbox="1053 1321 1428 1422">Возможное усиление элемента с трещиной накладкой, рис. 7.</p>

Технологические параметры ручной дуговой сварки					
Номер валика	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Род и полярность тока	Дополн. параметры
1	3	100-120	22-24	постоянный, обратная	-
2	4	120-140	23-26	постоянный, обратная	
3	4	120-140	23-26	постоянный, обратная	



Объект	Организация- подрядчик работ	Шифр карты
Подъемно- транспортное оборудование	ОАО «Азовский морской порт»	РД-1-02СОО/Ртр
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ</b>		
Операция	Оборудование и инструмент	
<b>1. Очистка.</b> Осмотреть поверхность деталей и сварных швов на предмет наличия в них трещин. Обнаруженные дефекты наметить путём кернения с шагом 10 мм. Очистить свариваемые кромки от грязи, масла, влаги.	Шлифовальная машинка, щетка, ветошь, керн, молоток.	
<b>2. Подготовка к сварке.</b> Перед ремонтом сквозных трещин выполнить следующее: определить длину трещины и отметить её концы; на концах трещины на расстоянии не менее половины диаметра сверла засверлить сквозные отверстия диаметром близким к толщине основного металла; по длине трещины произвести разделку кромок абразивным инструментом или пневматическим зубилом, обеспечивая разделку кромок по ГОСТ 5264, или как показана форма разделки несквозной трещины направленной нормально и наклонно к поверхности листа на рис.1 – рис.4. Вырубка трещин пневмозубилом при отрицательной температуре проводится с подогревом 100-150 °С; произвести очистку кромок от масла, грязи, абразивной пыли со всех сторон на расстоянии 20 – 30 мм; в местах выхода трещины на край конструкции приварить заходную планку.	Щетка, ветошь, молоток, шлифовальная машинка, напильник, шаблон УШС-3, однопламенная горелка, выпрямитель ВД-406	
<b>3. Сварка.</b> Варианты ремонта элементов с трещинами с помощью сварки при наличии доступа к трещине с одной или двух сторон показаны на рис.3, 4, 5, 6, 7. Обязательным требованием при этом является обеспечение полного провара при заварке трещины. При доступе к трещине только с одной стороны провар обеспечивается первым (корневым) сварным швом, который выполняется ручной дуговой сваркой электродами Э50А марки УОНИ-13/55. Диаметр электрода при выполнении первого прохода принимается равным 2,5 – 3,0 мм. Второго и последующих проходов – 4 мм. Режимы сварки представлены в табл. 1. При отрицательных температурах окружающего воздуха, перед началом сварки произвести просушку стыка нагревом до 50°С. Величина перекрытия, начала и окончания каждого валика должна составлять 15-20 мм. Длина дуги должна быть не более диаметра электрода. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путём постепенного отвода электрода и вывода дуги назад на 15- 20 мм на только что наложенный шов. Зажигание дуги производить на кромках разделки или на металле шва на расстоянии 20-25 мм от кратера. После сварки всего соединения зачистить шов от шлака и брызг на расстоянии 20 мм по обе стороны от сварного шва	Щетка, ветошь, молоток, шлифовальная машинка, шаблон напильник, УШС-3, однопламенная горелка, выпрямитель ВД-406 Баллон пропана, баллон кислорода	
<b>4. Контроль.</b> Осуществить визуальный и измерительный контроль сваренного шва, а также контроль физическими методами согласно требованиям проекта и НТД.	УШС-3 и физические методы контроля согласно требованиям проекта и НТД.	





## Шифр карты: РД-ЗКД-2

Данная операционная технологическая карта является типовой и предназначена для помощи в разработке операционно-технологических карт по сварки реальных конструкций. При разработке операционно-технологических карт по сварке реальных конструкций, следует руководствоваться требованиями РД «Технология проведения сварочных работ на действующих магистральных нефтепроводах».

Типоразмер ремонтируемой трубы			Ø 1220 × 24 мм				
Элемент	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали	Класс прочности стали	Временное сопротивление, МПа	Эквивалент углерода, %	
Основная труба ТУ 14-3-1573-06	1220	24,0	10Г2ФБЮ	К60	590	≤ 0,43	
Категория участка нефтепровода			II				
Коэфф. условий работы, m	Коэфф. надежности по нагрузке, n		Коэфф. надежности по материалу, k <sub>1</sub>		Коэфф. надежности по назначению, k <sub>н</sub>		
0,75	1,15		1,4		1,05		
Параметры выборки, допустимое давление и скорость потока жидкости							
№	Типоразмер дефекта	Параметры трубы (диаметр × толщина стенки), мм	Глубина выборки h, мм	Диаметр дефекта D <sub>к</sub> , мм	Диаметр выборки D, мм	Допустимое давление в трубе при выполнении работ, МПа (не более)	Допустимая скорость движения нефти в трубопроводе, м/с (не более)
1	Площадной дефект малой глубины (выборка на глубину 30% от толщины стенки основной трубы)	1220×24	7,2	191	260	5,3	3,0
Сварочные материалы и режимы сварки							
Марка электрода (тип электрода Э60 по <a href="#">ГОСТ 9467</a> (E8018 по AWS A5.5)).		Слои шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, мм/с	Полярность	
ОК 74.70, МТГ-03, Шварц 3К Мод, Кессель 5520 Мо, Линкольн 18П.		Наплавочный	3,2	90-100	1,25 ÷ 1,50	обратная	
		Заполняющие	3,0/3,2	100-120	1,25 ÷ 1,50	обратная	
		Контурный	3,0/3,2	100-120	1,25 ÷ 1,50	обратная	
		Облицовочный	3,0/3,2	100-120	1,25 ÷ 1,50	обратная	
Минимальное количество слоев при выполнении заварки							
№	Глубина выборки h, мм		Минимальное количество слоев				
1	7,2		3				
Предварительный подогрев и межслойная температура							
Температура предварительного подогрева: Просушка трубы. нагревом до 50 °С.							
Межслойная температура: в процессе сварки не должна превышать 250 °С.							

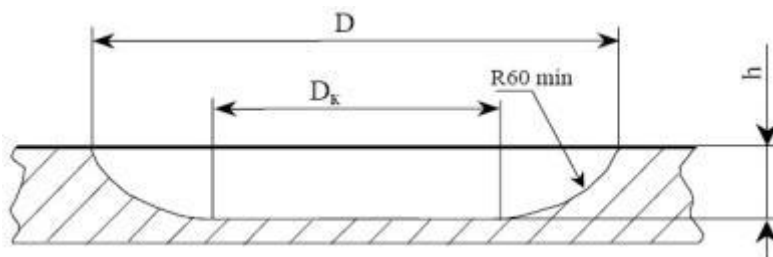


Рисунок 1 - Форма выборки на участке коррозионного или механического повреждения стенки трубы.

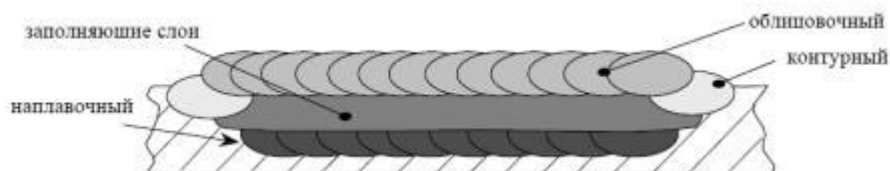


Рисунок 2 - Последовательность заварки выборки.

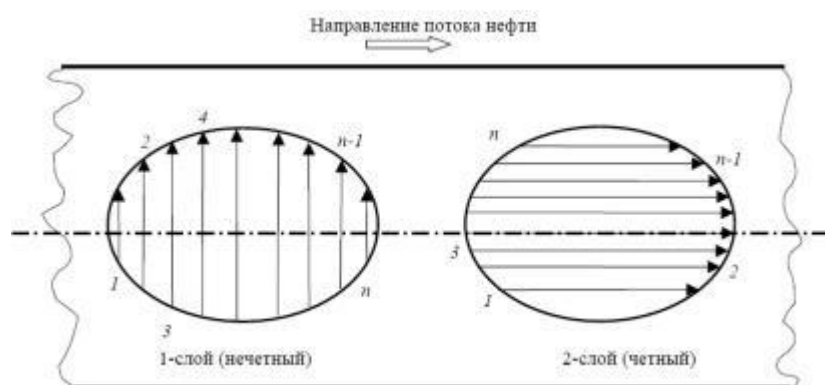


Рисунок 3 -Порядок наложения валиков четных и нечетных слоев при заварке выборки.

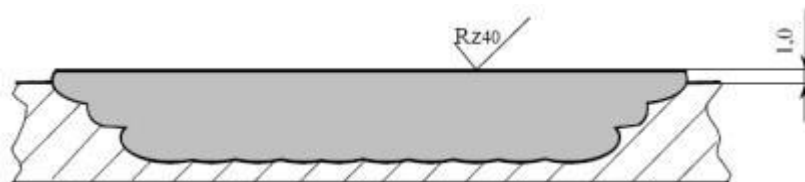


Рисунок 4 - Параметры наплавки



Перечень и последовательность операций по подготовке и заварке участка коррозионного или механического повреждения стенки трубы			
№.№	Операции	Содержание операций	Оборудование и инструмент
1.	Очистка элементов сварной конструкции	Очистить трубу от загрязнений, удалить изоляционное покрытие на расстоянии не менее 200 мм в каждую сторону от границ дефекта.	Скребок, металлическая щетка, шлифмашинка.
2.	Разметка места выборки	Разметить участок подготовки коррозионного повреждения на теле основной трубы к сварке.	Линейка, рулетка, несмываемая краска или маркер.
3.	Подготовка поверхности	До начала работ по выборке выполнить контроль стенки трубы ультразвуковым толщиномером на отсутствие расслоений и определить фактическую толщину стенки. Контроль выполняется на участке шириной не менее 70 мм от границы дефекта. Выполнить подготовку участка коррозионного повреждения под заварку с помощью шлифмашинки. Форма выборки должна соответствовать рисунку 1. Выполнить измерения остаточной толщины стенки на участке заварки. При остаточной толщине стенки менее 5 мм сварка запрещается. Прилегающую к выборке поверхность трубы зачистить до чистого металла на ширину не менее 70 мм.	Шаблон сварщика УШС-3, линейка, рулетка, штангенциркуль, шлифмашинка, дисковая проволочная щетка, абразивные круги, ультразвуковой толщиномер.
4.	Заварка выборки	Перед началом работ по сварке укрыть поверхность трубы вокруг выборки от брызг расплавленного металла несгораемым сухим материалом. Выполнить просушку участка трубы под заварку нагревом до 50 °С. Выполнить наплавочный (первый) слой (рисунки 2, 3). Сварку первого и всех последующих нечетных слоев начинают от верхнего по току нефти края выборки. Сварку ведут в направлении «на подъем» параллельными валиками. В процессе сварки наплавочных валиков контролировать сварочный ток и скорость сварки. По завершении сварки каждого валика любого из слоев выполнить его зачистку от шлака и брызг металла. Ширина каждого валика в слое не должна превышать 10 мм. Межваликовое перекрытие должно составлять не менее 3 мм. Выполнить второй (четный) заполняющий слой. Сварку второго слоя и последующих четных слоев начинают от более низкого края выборки валиками параллельными оси трубы. Направление сварки должно соответствовать направлению потока нефти. Выполнить контурный шов. Ширина контурного шва должна быть от 8 до 12 мм. Подрезы при выполнении контурного шва не допускаются. Выполнить облицовочный слой с зачисткой каждого валика от шлака и брызг металла. В процессе сварки заполняющих, контурного и облицовочного слоев контролировать сварочный ток и скорость сварки. Выровнять с помощью шлифмашинки или напильника видимые дефекты поверхности облицовочного слоя и контурного шва, зачистить прилегающие поверхности трубы от металлических брызг. Обработать наплавленный металл шлифовальным кругом до получения ровной поверхности с плавным переходом к металлу и высотой усиления не более 1 мм (рисунок 4). Шероховатость обработанной поверхности для проведения УЗК должна быть не более Rz 40	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, печь для прокалки электродов, контактный термометр, многосплавная пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ.
5.	Неразрушающий контроль выполненной заварки.	Выполнить визуальный и измерительный контроль, капиллярный и ультразвуковой контроль.	Оборудование и материалы для неразрушающего контроля физическими методами.



Примечания:

- 1 Электроды прокалывать 1,5 - 2 часа при температуре 350 - 380 °С.
- 2 Остаточная толщина стенки основной трубы должна быть не менее 5 мм. При остаточной толщине стенки менее 5мм заварка дефектов запрещается
- 3 Работы по заварке каждого дефекта от начала до конца должен выполнять один и тот же сварщик.
- 4 Сварочную дугу зажигать только в выборке или на наплавленном металле.
- 5 Запрещается оставлять работы по ремонту дефектного участка незаконченными.
- 6 Сварка швов выполняется в направлении «снизу-вверх».
- 7 При выпадении атмосферных осадков или силе ветра более 10 м/с производить сварочные работы без инвентарных укрытий запрещается.
- 8 Контроль качества сварных швов должен выполняться по РД-08.00-60.30.00-КТН-046-1-05 "Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов".







## Шифр карты: РД-П2-1

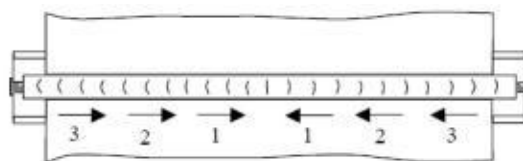
Данная операционная технологическая карта является типовой и предназначена для помощи в разработке операционно-технологических карт по сварке реальных конструкций. При разработке операционно-технологических карт по сварке реальных конструкций, следует руководствоваться требованиями РД «Технология проведения сварочных работ на действующих магистральных нефтепроводах».

Изделие		Параметр трубы				
Стальная муфта с технологическими кольцами (Тип П2)		Ø1020 × 12 мм				
Характеристика труб и деталей конструкции						
Элемент	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали	Класс прочности стали	Временное сопротивление, МПа	Эквивалент углерода, %
Труба нефтепровода ТУ 14-3-1573-06	1020	12	17Г1СУ	K52	510	≤ 0,43
Полумуфты, ТУ 1469-001-01297858-01	1046	12	09Г2С	до K52	до 510	≤ 0,43
Технологические полукольца, ТУ 1469-001-01297858-01	1046	12	09Г2С	до K52	до 510	≤ 0,43
Подкладные пластины, ТУ 1469-001-01297858-01	-	1,5	Сталь 20	K 42	-	≤ 0,40
Выводные планки ТУ 1469-001-01297858-01	-	4,0	Сталь 20	K 42	-	≤ 0,40
Сведения о ремонтируемом участке нефтепровода						
Категория участка нефтепровода	Коэфф. условий работы, m	Коэфф. надежности по нагрузке, n	Коэфф. надежности по материалу, k <sub>1</sub>	Коэфф. надежности по значению, k <sub>н</sub>	Допустимое давление в трубе при выполнении работ, МПа (не более)	Допустимая скорость движения нефти в трубопроводе, м/с (не более)
II	0,75	1,15	1,4	1,0	4,3	3,0
Последовательность выполнения сборочно-сварочных операций						
Установка полумуфт на трубу и их сварка друг с другом продольными стыковыми швами. Сварка кольцевых нахлесточных швов «муфта - труба». Установка технологических полуколец и их сварка друг с другом продольными стыковыми швами. Сборка и сварка стыков «муфта - технологическое кольцо - труба».						

№ п/п	Свариваемые элементы	Марка электрода (тип электрода Э50А по ГОСТ 9467 (E7016 по AWS A5.1)).	Слой шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, мм/с	Полярность
1.	Полу-муфты	МТГ-01К, ЛБ-52У, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Корневой	3,0/3,2	100-120	1,40 ÷ 1,50	обратная
		МТГ-01К, МТГ-02, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Заполняющие и облицовочный слой	3,0/3,2 4,0	120-140 120-180	1,25 ÷ 1,50	обратная
2.	Муфта - труба	МТГ-01К, ЛБ-52У, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Наплавочные слой	3,0/3,2	100-120	1,40 ÷ 1,50	обратная
			Корневой	3,0/3,2	100-120	1,40 ÷ 1,50	обратная
		МТГ-01К, ЛБ-52У, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Заполняющие слой	3,0/3,2	120-140	1,25 ÷ 1,50	обратная
3.	Технологические кольца	МТГ-01К, ЛБ-52У, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Корневой	3,0/3,2	100-120	1,40 ÷ 1,50	обратная
			Заполняющие и облицовочный слой	3,0/3,2 4,0	120-140 120-180	1,25 ÷ 1,50	обратная
4.	Муфта - технологическое кольцо	МТГ-01К, ЛБ-52У, ОК 53.70, Феникс К50Р Мод, Фокс ЕВ Пайп.	Корневой	3,0/3,2	100-120	1,40 ÷ 1,50	обратная
			Заполняющие и облицовочный слой	3,0/3,2	120-140	1,25 ÷ 1,50	обратная

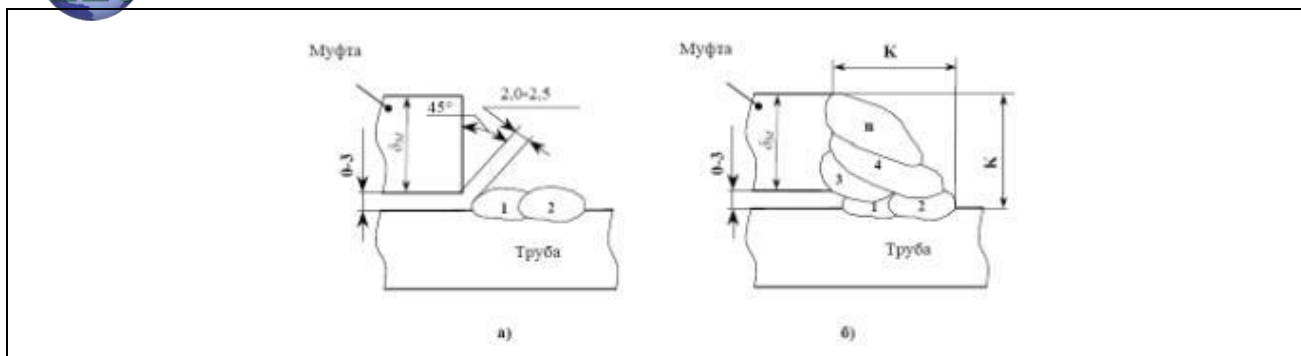
		$\delta_m$ , мм	E, мм	n, не менее
		12	13-22	5

Рис. 1 Форма разделки кромок и последовательность выполнения проходов при сварке продольных стыковых швов полумуфт и технологических колец.



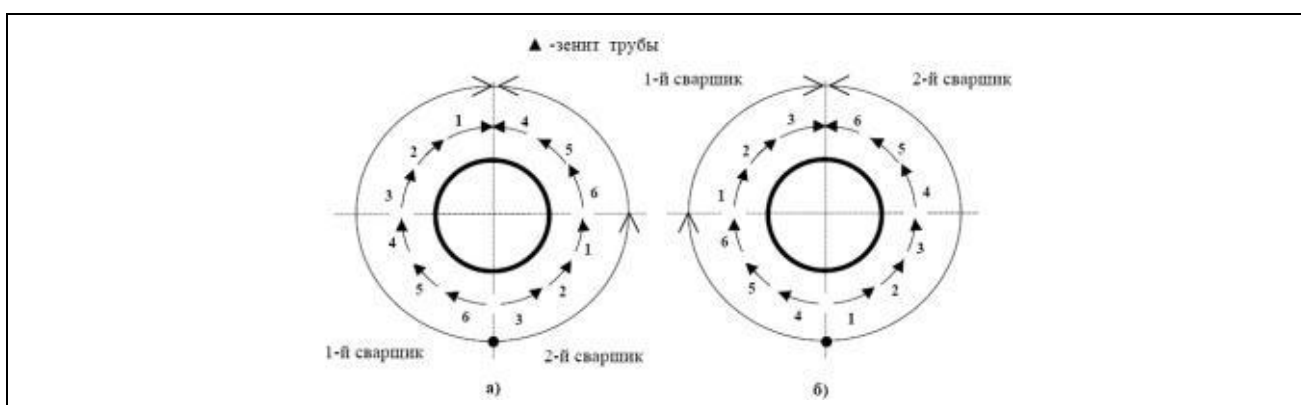
1, 2, 3 - последовательность выполнения сварки участков продольных стыковых швов

Рис. 2 Схема сварки продольных стыковых швов полумуфт обратноступенчатым способом.



$\delta_M$ , мм	К, мм	n, не менее
12	12-15	5

Рис. 3 Последовательность выполнения проходов при приварке муфты к трубе кольцевыми угловыми швами: 1, 2 - наплавочные слои шва, 3 - корневой слой шва; 4 - первый заполняющий слой шва, n - заполняющие слои шва.



- а) сварка и корневого и заполняющих слоев шва;
- б) сварка наплавочных и облицовочного слоя шва;
- 1-6 - последовательность наложения участков слоя.

Рис. 4 - Схема выполнения швов обратноступенчатым способом при приварке муфты к трубе

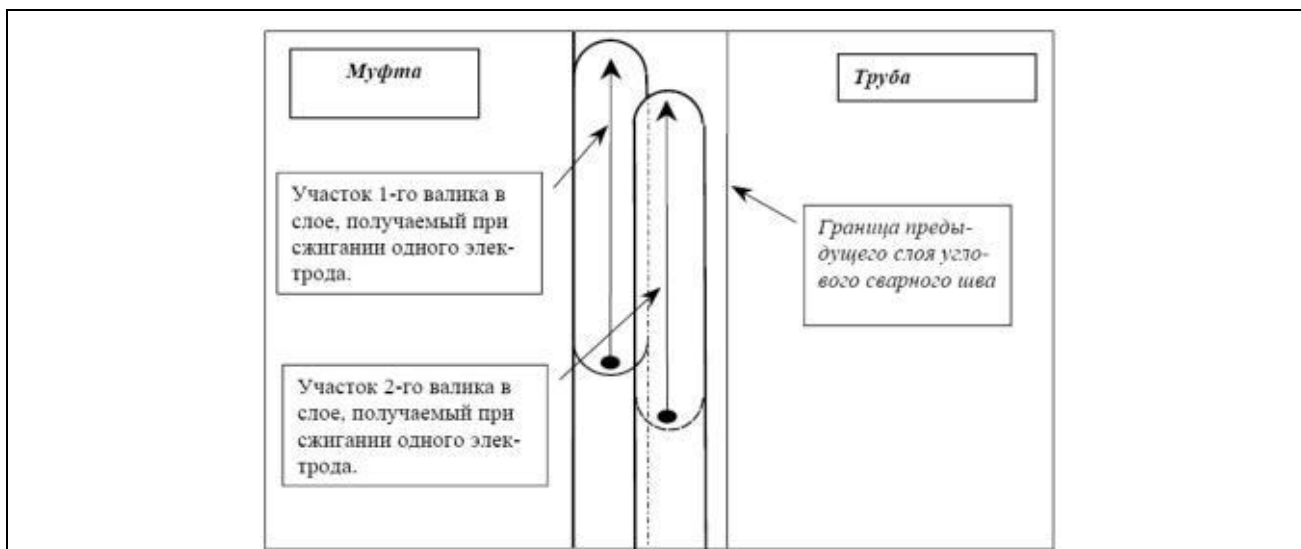


Рис. 5 Последовательность сварки наплавочных и заполняющих слоев шва двумя валиками ступенчатым методом

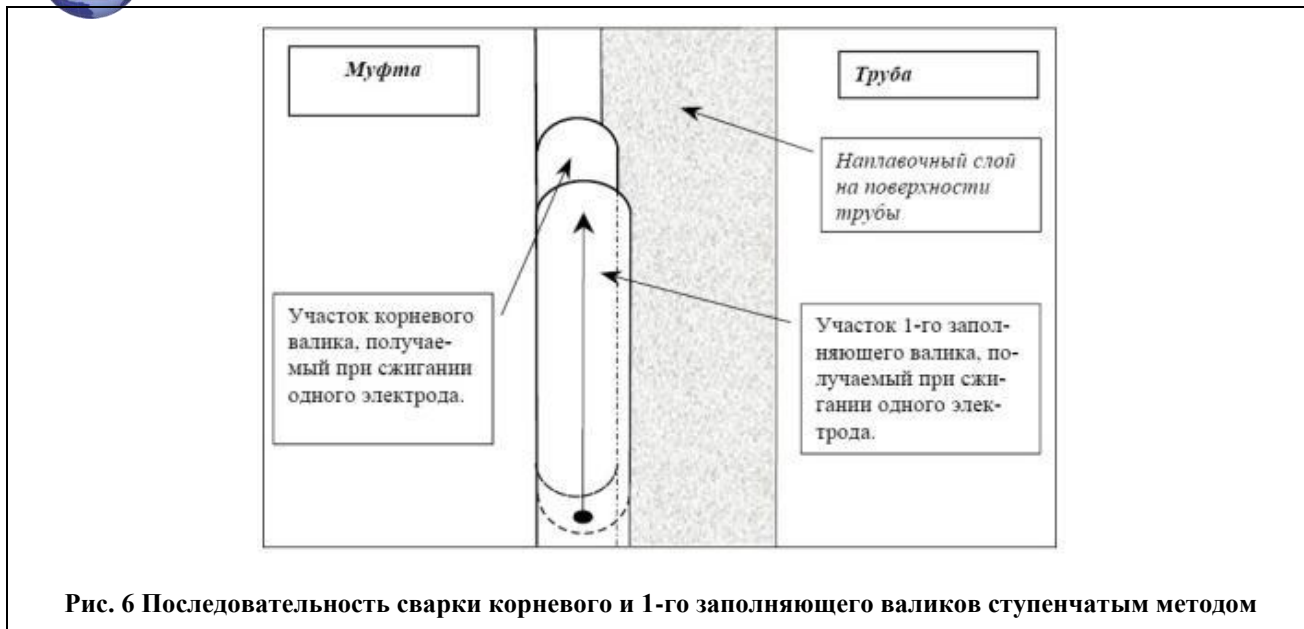
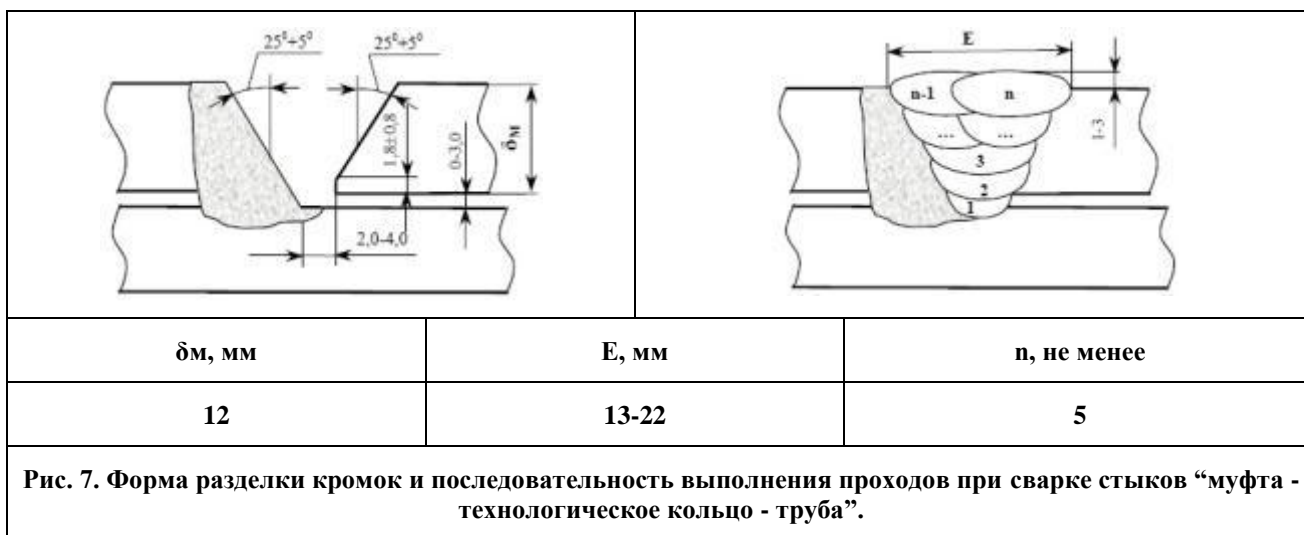


Рис. 6 Последовательность сварки корневого и 1-го заполняющего валиков ступенчатым методом





Перечень и последовательность операций сборки и сварки			
№№	Операции	Содержание операций	Оборудование и инструмент
1.	Очистка элементов сварной конструкции	Внешнюю поверхность трубы нефтепровода, внешнюю и внутреннюю поверхности деталей муфты очистить от загрязнений.	Скребок, металлическая щетка
2.	Разметка и подготовка поверхности трубы, неразрушающий контроль участка установки муфты и участков приварки усиливающих полумуфт, подготовка свариваемых кромок полумуфт.	<p>Разметить на теле трубы участок установки муфты и границы кольцевых сварных швов приварки полумуфт к трубе нефтепровода.</p> <p>Зачистить поверхность трубы до чистого металла на участке установки муфты шириной, равной длине муфты плюс 100мм в каждую сторону от предполагаемых сварных швов.</p> <p>Выполнить визуальный и измерительный контроль.</p> <p>Царапины, риски, задиры на поверхности трубы и свариваемых элементов глубиной свыше 0,2 мм устранить шлифованием. При этом глубина повреждений не должна превышать 5% от нормативной толщины стенки трубы или ремонтной конструкции, но не более минусовых допусков на толщину стенки, оговоренных в ТУ на трубы и ремонтные конструкции.</p> <p>Снять усиление заводского шва трубы на участке установки муфты плюс 50 мм в каждую сторону от нее с помощью шлифовальных машинок. Остаточная высота усиления должна находиться в пределах 0,5 - 1,0 мм.</p> <p>Выполнить капиллярный контроль, ультразвуковую толщинометрию стенки трубы для выявления потерь металла на внутренней поверхности трубы, ультразвуковой контроль для выявления трещин и расслоений на размеченном участке сварного шва и прилегающих участках трубы нефтепровода шириной 50мм в обе стороны от размеченных границ сварного шва</p> <p>Забоины и задиры фасок полумуфт глубиной до 5 мм отремонтировать сваркой электродами типа Э50 (E7016) с обязательным местным подогревом до температуры 100-130 С независимо от температуры окружающей среды. Режимы сварки приведены в таблице 1.</p> <p>Зашлифовать отремонтированные участки поверхности кромок. При этом должна быть восстановлена их первоначальная форма.</p> <p>Кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности полумуфт зачистить до чистого металла на ширину не менее 20 мм.</p>	<p>Шаблон сварщика</p> <p>УШС-3, линейка, рулетка, штангенциркуль, уровень, несмываемая краска или маркер, сварочный пост, токовые клещи, шлифмашинка, дисковая проволочная щетка, абразивные круги, газовая горелка.</p>



Сборка и сварка полумуфт.			
3.	Установка полумуфт на трубу	<p>Прихватить 2 подкладные пластины к продольным кромкам полумуфты. Количество прихваток - не менее 3 длиной 20-30 мм каждая. Прихватки выполнять со стороны разделки кромок полумуфты, равномерно распределив их по длине стыка.</p> <p>Установить обе полумуфты на трубу. Зазор между кромками полумуфт и поверхностью трубы не должен превышать 3 мм. Допускается превышение зазора между полумуфтой и трубой до 5 мм на длине не более 300 мм.</p> <p>Зазор в стыках продольных швов полумуфт при затянутых центраторах должен находиться в диапазоне 2-4 мм. В случае, если зазор в одном из стыков меньше 2 мм, снять полумуфты с трубы и выполнить подработку одной из кромок простой полумуфты с помощью шлифмашинки. Для доработки кромки допускается использование газопламенной резки с последующей зачисткой с помощью шлифмашинки.</p> <p>Произвести замеры смещений кромок. Максимальная величина равномерно распределенного по длине смещения кромок не должна превышать 2 мм. Допускается локальное смещение кромок полумуфт не более 2,4 мм на длине не более 200 мм.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, центраторы звенные ЦЗ-1020 (2 шт.), шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, контактный термометр, печь для прокалики электродов, газовый резак.
4.	Подогрев и сварка продольных швов полумуфт.	<p>Выполнить предварительный подогрев свариваемых кромок и прилегающей поверхности шириной не менее 80 мм от оси шва до 50°C. Контроль температуры осуществлять на расстоянии 15мм от свариваемых кромок.</p> <p>К торцам полумуфт приварить выводные планки. Разделка кромок, образуемая выводными планками, должна соответствовать разделке кромок продольного стыка собираемой муфты.</p> <p>Выполнить одновременно сварку прихваток обоих продольных стыков по режиму сварки корневого слоя шва. Количество прихваток - 3 длиной не менее 100 мм каждая. Прихватки расположить равномерно по длине стыка.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, центраторы звенные ЦЗ-1020 (2 шт.), шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, контактный термометр, печь для прокалики электродов, многосплавная пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ.
5.	Сварка продольных швов полумуфт. (продолжение)	<p>Сварку каждого продольного шва выполнять одновременно 2-мя сварщиками.</p> <p>Выполнить сварку корневого слоя шва обратноступенчатым способом в направлении от середины к краям в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2. В процессе сварки вышлифовывать начало и концы прихваток.</p> <p>В процессе сварки осуществлять контроль температуры свариваемых кромок, которая должна быть в диапазоне 50 -250 С. В случае остывания стыков ниже 50 С произвести подогрев кромок до температуры 50 - 70 С.</p> <p>Наружные центраторы допускается снимать только после завершения сварки корневого и 1-го заполняющего слоев обоих швов, кроме участков, расположенных под ними.</p> <p>Выполнить сварку заполняющих и облицовочного слоев швов в соответствии с рис. 1 обратноступенчатым способом в направлении от середины к краям (рис. 2).</p> <p>После выполнения каждого слоя осуществлять зачистку металла от шлака и брызг.</p> <p>После завершения сварки удалить выводные пластины с помощью шлифмашинки.</p> <p>Выполнить визуальный и измерительный контроль сварного соединения.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, центраторы звенные ЦЗ-1020 (2 шт.), шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, контактный термометр, печь для прокалики электродов, многосплавная пропан-бутан кислороднаягорелка ГСМ-5.3ТМ.





Сварка стыков «муфта - труба».			
6.	Просушка трубы	Выполнить просушку участка трубы шириной не менее 80 мм, прилегающего к муфте, нагревом до 50 °С.	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, печь для прокали электродов, контактный термометр, многоопловая пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ.
7.	Выполнение наплавочных слоев шва	Выполнить сварку наплавочных слоев шва в соответствии с рис. 3, 4б. Наплавочные слои выполняются “снизу-вверх” участками (“ступеньками”), на которых один за другим укладываются 2 параллельных валика (рис. 5). Валики выполняются один за другим на длину сжигания электрода. После выполнения наплавочных валиков зачистить и обработать стык с помощью шлифмашинки. После обработки зазор в сварном соединении “муфта - труба” должен быть в диапазоне от 2 до 2,5 мм.	
8.	Просушка трубы и подогрев кромок полумуфт	Выполнить просушку участка трубы, прилегающего к муфте шириной не менее 80мм, нагревом до 50 °С. Выполнить подогрев свариваемой кромки муфты до температуры не менее 100 - 130 °С. Ширина зоны подогрева должна быть не менее 80 мм от оси шва. Контроль температуры осуществлять на расстоянии 15 мм от свариваемых кромок.	
9.	Приварка муфты к трубе	Выполнить сварку корневого и 1-го заполняющего слоев шва в направлении “снизу-вверх” в соответствии с рис.3, 4а. В процессе сварки всех слоев шва следует осуществлять постоянный контроль величин сварочного тока и скорости сварки в соответствии с п.2 таблицы 1. Корневой и 1-ый заполняющий слои шва следует выполнять “снизу-вверх” участками (“ступеньками”), на которых один за другим укладываются 2 валика (рис. 6). Валики выполняются один за другим на длину сжигания электрода. Заполняющие слои шва следует выполнять “снизу-вверх” участками (“ступеньками”), на которых один за другим укладываются 2 параллельных валика (рис. 5). Валики выполняются один за другим на длину сжигания электрода. В процессе сварки всех слоев шва осуществлять контроль температуры кромок со стороны муфты, которая должна быть в диапазоне от 50 °С до 250 °С. В случае остывания кромки ниже 50 °С следует произвести подогрев до температуры 100 - 130 °С. После выполнения каждого валика выполнять зачистку металла от шлака и брызг. Выполнить визуальный и измерительный контроль выполненных сварных швов.	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, секундомер, сварочный пост, токовые клещи, шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, печь для прокали электродов, контактный термометр (ТП-1 или подобный), многоопловая пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ.
10.	Неразрушающий контроль	Выполнить капиллярный и ультразвуковой контроль следующих сварных швов: продольные стыковые швы полумуфт, угловые кольцевые швы приварки усиливающей муфты к трубе.	Оборудование и материалы для неразрушающего контроля физическими методами.
11.	Механическая обработка угловых кольцевых сварных швов	Обработать шлифмашинкой усиление угловых кольцевых сварных швов в соответствии с рисунком 7.	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, шлифмашинка.





Сборка и сварка технологических полуколец.			
12.	Установка технологических колец на трубу	<p>Прихватить 2 подкладные пластины к продольным кромкам технологического полукольца. Количество прихваток - не менее 2 длиной 20-30 мм каждая. Прихватки выполнять со стороны разделки кромок полукольца, равномерно распределив их по длине стыка. Перекос подкладных пластин относительно оси стыка не допускается.</p> <p>Установить оба полукольца на трубу нефтепровода одновременно.</p> <p>Зазор между полукольцами и поверхностью трубы не должен превышать 1,5 мм. Допускается превышение зазора между полукольцом и трубой до 2 мм на длине не более 150 мм.</p> <p>Зазор в стыках продольных швов полуколец при затянутом центраторе должен находиться в диапазоне 2-4 мм. В случае, если зазор в одном из стыков меньше 2 мм, снять полукольца с трубы и выполнить подработку одной из кромок полукольца с помощью шлифмашинки. Для доработки кромки допускается использование газопламенной резки с последующей зачисткой с помощью шлифмашинки.</p> <p>Произвести замеры смещений кромок. Максимальная величина смещения кромок не должна превышать 2 мм.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, центратор звенный ЦЗ-1020, шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, контактный термометр, печь для прокали электродов, газовый резак.
13.	Подогрев и сварка продольных швов технологических полуколец.	<p>Выполнить предварительный подогрев свариваемых кромок и прилегающей поверхности шириной не менее 80 мм от оси шва до 50°C. Контроль температуры осуществлять на расстоянии 15 мм от свариваемых кромок.</p> <p>К торцам полуколец приварить выводные планки.</p> <p>Разделка кромок, образуемая выводными планками, должна соответствовать разделке кромок продольного стыка собираемого технологического кольца.</p> <p>Выполнить одновременно сварку прихваток обоих продольных стыков по режиму сварки корневого слоя шва. Количество прихваток - 2 длиной не менее 40 мм каждая. Прихватки расположить равномерно по длине стыка.</p> <p>Наружный центратор допускается снимать только после выполнения прихваток.</p> <p>Выполнить сварку корневого слоя шва. В процессе сварки вышлифовывать начало и концы прихваток.</p> <p>Сварку обоих стыков выполнять одновременно.</p> <p>В процессе сварки осуществлять контроль температуры свариваемых кромок, которая должна быть в диапазоне от 50 °С до 250 °С. В случае остывания стыков ниже 50 °С следует произвести подогрев кромок до температуры 50 - 70 °С.</p> <p>Выполнить сварку заполняющих и облицовочного слоев шва в соответствии с рис. 1.</p> <p>После выполнения каждого слоя осуществлять зачистку металла от шлака и брызг.</p> <p>После завершения сварки удалить выводные пластины с помощью шлифмашинки.</p> <p>Выполнить визуальный и измерительный контроль сварного соединения.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, сварочный пост, токовые клещи, центратор звенный ЦЗ-1020, шлифмашинка, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, контактный термометр, печь для прокали электродов. Много сопловая пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ.



Сварка стыков «муфта - технологическое кольцо - труба».

14.	Подогрев и приварка технологических колец к муфте и трубе.	<p>Выполнить подогрев свариваемых кромок муфты и технологического кольца до температуры 50 - 70 °С. Ширина зоны подогрева должна быть не менее 80 мм в обе стороны от оси шва. Контроль температуры осуществлять на расстоянии 15 мм от свариваемых кромок.</p> <p>Выполнить сварку корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва в направлении «снизу-вверх» в соответствии с рис. 4, 7.</p> <p>В процессе сварки всех слоев шва следует осуществлять постоянный контроль величин сварочного тока и скорости сварки в соответствии с п.4таблицы 1.</p> <p>В процессе сварки всех слоев шва следует контролировать температуру кромок муфты и технологического кольца, которая должна быть в диапазоне от 50 С до 250 С. В случае остывания кромки ниже 50 С следует произвести подогрев до температуры 50 - 70 С.</p> <p>После выполнения каждого валика выполнять зачистку металла от шлака и брызг.</p> <p>Выполнить визуальный и измерительный контроль выполненных сварных швов.</p>	Шаблон УШС-3, штангенциркуль, линейка, секундомер, , сварочный пост, токовые клещи, шлифмашина, дисковые проволочные щетки, абразивные круги, зубило, печь для прокалики электродов, многосплавная пропан-бутан кислородная горелка ГСМ-5.3ТМ, контактный термометр (ТП-1 или подобный).
15.	Неразрушающий контроль сварных соединений	Выполнить капиллярный и ультразвуковой контроль следующих сварных швов: продольных стыковых швов приварки технологических колец между собой и кольцевых швов приварки технологических колец к муфте и трубе.	Оборудование и материалы для неразрушающего контроля физическими методами.

Примечания .

Электроды прокалывать 1,5 - 2 часа при температуре 350-380°С.

Минимальное расстояние между продольным швом полумуфт и продольным швом трубы должно быть не менее 100 мм.

Минимальное расстояние между продольным швом полумуфт и продольным швом технологических полуколец должно быть не менее 100 мм.

Запрещается оставлять сварные соединения незаконченными.

Сварка швов выполняется в направлении «снизу-вверх».

Замки смежных слоев должны быть расположены на расстоянии не менее 100 мм друг от друга.

Контроль качества сварных швов должен выполняться по РД-08.00-60.30.00-КТН-046-1-05 "Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных нефтепроводов".