



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного
производства»

**Методические указания к практической
работе по дисциплине
«Технология и оборудование для сварки и
нефтегазовых сооружений»**

**«Разработка технологии сварки
элементов вертикального
цилиндрического резервуара»**

Автор

В.А. Щёкин, А.Н. Грицина

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Разработка технологии сварки элементов вертикального цилиндрического резервуара: методические указания к практической работе по дисциплине «Технология и оборудование для сварки нефтегазовых сооружений».

Автор

к. т. н., проф. В. А. Щёкин,

к. т. н., доц. А.Н. Грицына





Оглавление

1. Цель работы.....	4
2. Общие положения	4
3. Рабочее задание	5
4. Порядок выполнения работы	5



1. Цель работы

1. Изучить классификацию элементов конструкции стального вертикального цилиндрического резервуара (РВС).
2. Пробрести практические навыки по разработке технологии сварки элементов вертикального резервуара с учетом нормативных документов.
3. Ознакомиться с требованиями операционного контроля в процессе выполнения сварки элементов резервуара.

2. Общие положения

Технология сварки – это комплекс операций, сварочных материалов и оборудования, который позволяет получить сварное соединение, отвечающее требованиям действующей нормативной документации. Перед разработкой технологии сварки необходимо изучить нормативную документацию на данный объект сварки. В нормативную документацию при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров входят:

- руководящие документы по сварке при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров (РД 25.160.10-КТН-050-06 - сварка и Приложение Ж к РД 25.160.10-КТН-050-06 - неразрушающий контроль),
- правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов – ПБ 03-605-03,
- правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (ПБ-03-273-99),
- ГОСТы (ТУ) на листы, детали резервуара и на сварочные материалы.

После изучения действующей документации на каждый объект сварки элементов резервуара разрабатывается технология сварки.



3. Рабочее задание

1. Разработать технологию сборки и сварки соединения резервуара по выданному варианту задания, табл. 1.

4. Порядок выполнения работы

1. После получения задания необходимо подробно изучить технологическую схему сварки выданного соединения по РД.

2. Рассчитать эквивалент углерода и ознакомиться с особенностями сварки данной стали.

3. Выбрать тип разделки кромок для своего соединения (по ГОСТ на способ сварки или методическому руководству) и установить её конструктивные элементы.

4. Выполнить выбор сварочных материалов (с учетом варианта сварки), описать требования к подготовке их к сварке.

5. Выбрать способ сборки для своего соединения.

7. Определить необходимость постановки прихваток, их количество, длину и необходимость предварительного подогрева.

8. В операции «Сварка» привести параметры режима сварки, последовательность выполнения сварки, направление сварки, количество сварщиков (операторов), количество слоев шва.

9. Привести сварочное оборудование для технологического варианта сварки с указанием его технических характеристик.

10. Привести требования к визуально-измерительному контролю сварного шва (по размерам, по чешуйчатости и т.д.).

Примечание: При отсутствии материалов в методическом пособии для описания операций необходимо использовать материалы, изложенные в РД 25.160.10-КТН-050-06 и в методическом пособии



«Выполнение сварки при монтаже вертикальных цилиндрических резервуаров». Ростов н/Д, ДГТУ.

Варианты заданий

Таблица 1

№ п/п	Наименование и класс стали		Марка стали	Толщина, мм	Вид сварного соединения	Технология сварки элементов резервуара
1	С 345	50/35	09Г2С	16	Стыковое на подкладке	Сварка стыковых соединений окрайки
2	С 285	38/23	ВСт.3сп	9	Нахлесточное	Сварка стыков центральной части днища
3	С 345	50/35	09Г2С	28	Стыковое без подкладки	Сварка вертикальных стыков стенки резервуара
4	С 345	50/35	09Г2С	28	Стыковое без подкладки	Сварка горизонтальных стыков стенки резервуара
5	С 345	50/35	09Г2С	28+ 16	Тавровое	Сварка окрайки со стенкой резервуара
6	С 255	38/23	ВСт.3пс	12+ 16	Угловое, нахлесточное	Сварка соединений патрубков и их усиливающих листов на стенке резервуара

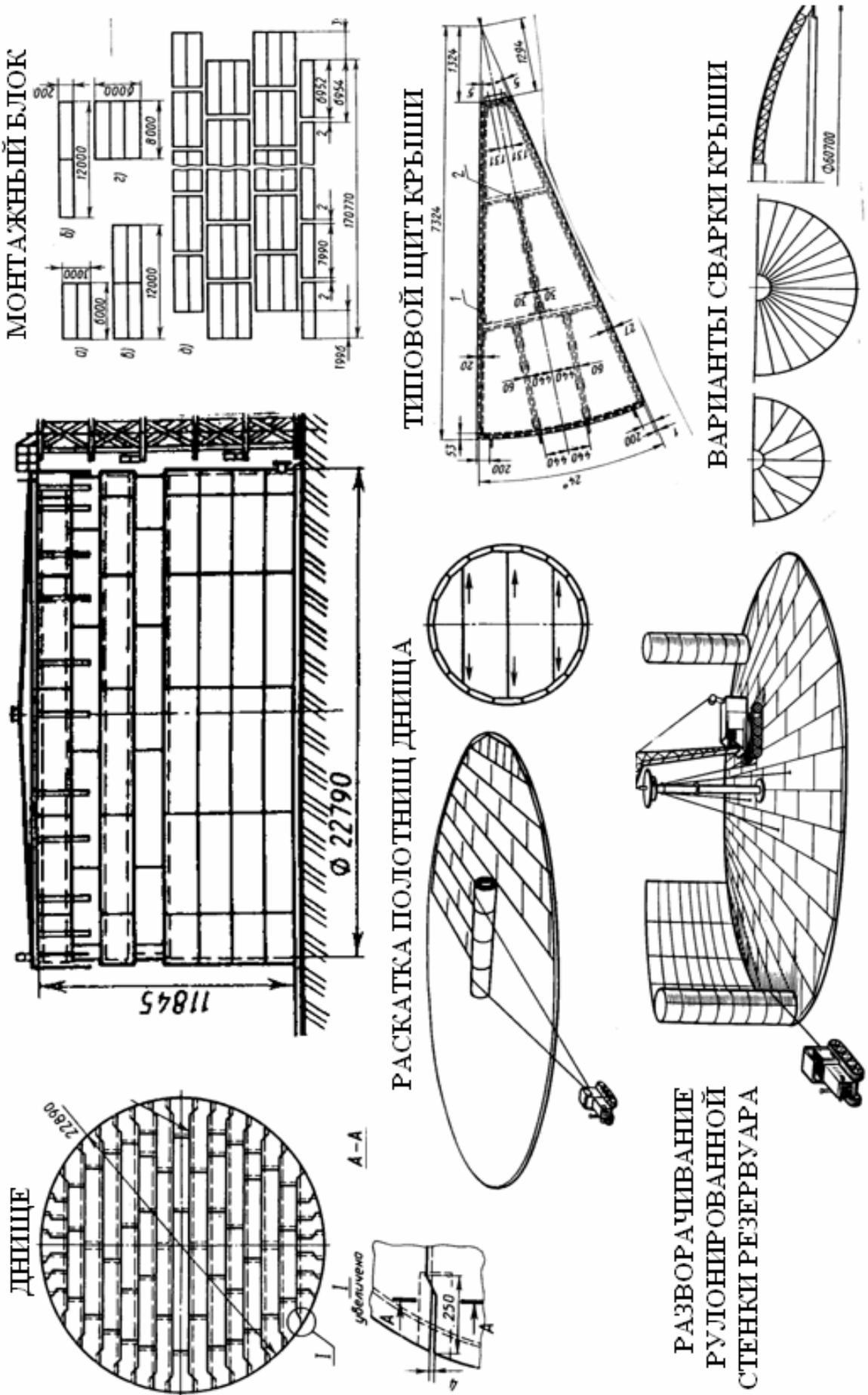
Эквивалент углерода определяется по формуле:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2, \%$$

Для сталей с $\sigma_T \leq 390$ МПа – $C_{\text{ЭКВ.}} \leq 0.43 \%$,

для сталей с $\sigma_T > 390$ МПа – $C_{\text{ЭКВ.}} \leq 0.45 \%$.

Вертикальные цилиндрические резервуары



Стали и сварочные материалы для вертикальных резервуаров

Емкость резервуара, м ³	Элементы конструкции	Марка стали	Толщина элемента, мм	Сварочные материалы		
				Электроды (тип, марка)	Флюсы + проволоки	
10 000	Нижний пояс	ВСт3сп5	12 - 25	Э42А УОНИ-13/45	АН-348А, ОСЦ-45 + Св-08А, Св-08ГА	Проволоки (Шн для СО ₂) ПШВ-2ДСК, Св-08Г2С
	Верхний пояс		8 - 10	Э46	АН-60 + Св-10ГА	ПП-АНЗС + СО ₂
	Окрайк и др.		10	МР-3, ОЗС-4, АНО-3, АНО-4	АН-22 + Св-08ГА, Св-10ГА (при T _{возд} < 0°С)	Св-08Г2С
	Центр, днища		5			
50 000	Нижний пояс	09Г2С	11 - 24	Э50А УОНИ-13/55	АН-22 + Св-08ГА, Св-10ГА	ПШВ-2ДСК, Св-08Г2С
	Верхний пояс	ВСт3сп5	8 - 10	Э42А, Э46	АН-348А + Св-08ГА	ПП-АНЗС + СО ₂ , Св-08Г2С
	Окрайк и др.	09Г2С	14	Э50А	-	Св-08Г2С
	Центр, днища	ВСт3сп5	7	Э42А, Э46	АН-348А + Св-08ГА	Св-08Г2С
100 000	Нижний пояс	16Г2АФ	11 - 24	Э60 УОНИ-13/65	АН-47 + Св-08ХМ АН-22 + Св-08ХМ	Св-08ХГ2СМА, Св-08ХГ2С
	Верхний пояс	09Г2С	8 - 10	Э50А	АН-348А + Св-08ГА	Св-08Г2С
	Окрайк и др.	16Г2АФ	14	Э60	-	Св-08ХГ2С
	Центр, днища	09Г2С	6	Э42А, Э46	АН-348А + Св-08ГА	Св-08Г2С
10 000 50 000 100 000	Пл. крыша	ВСт3сп5	5	Э46	-	Св-08Г2С
	Стойки, распорки, лестницы, площадки	ВСт3сп5 ВСт3кп2	-	Э46	-	Св-08Г2С
	Изделия из труб	Стали 10, 15, 20, 25	-	Э42А	-	Св-08Г2С

Примечание: 1. В таблице указаны наиболее часто применяемые стали.

2. Возможна замена сварочных материалов в соответствии с технической картой.



Виды сварных соединений и швов в конструкциях резервуаров

(РД-25.160.10-КТН-050-06)

№ п/п	Конструктивный элемент резервуара	Вид сварного соединения	Вид сварного шва
1.	Центральная часть днища	Стыковое (на подкладке)	Стыковой
2.		Нахлесточное	Угловой
3.	Кольцевые окрайки	Стыковое (на подкладке)	Стыковой
4.	Сопряжение центральной части днища с кольцом окраек	Нахлесточное	Угловой
5.	Сопряжение стенки с днищем (уторный узел)	Тавровое	Угловой
6.			
7.	Стенка резервуара (вертикальные соединения)	Стыковое (без подкладки)	Стыковой
8.	Стенка резервуара (горизонтальные соединения)	Стыковое	Стыковой
9.	Сопряжения патрубков со стенкой, не требующие усиления	Угловое	Угловой
10.	Сопряжения патрубков (люков-лазов) со стенкой, требующие усиления	Угловое	Угловой
11.		Нахлесточное	Угловой
12.	Опорные и ветровые кольца жесткости (радиальные швы)	Стыковое	Стыковой
13.	Сопряжение опорного кольца (кольца жесткости) со стенкой	Нахлесточное	Угловой
14.		Тавровое	Угловой
15.	Короба понтонов и плавающих крыш	Тавровое	Угловой
16.	Мембраны стальных понтонов и плавающих крыш	Нахлесточное	Угловой
17.	Двудечная плавающая крыша (верхняя дека)	Стыковое (на подкладке)	Стыковой
18.	Сопряжение коробов понтонов и плавающих крыш с мембраной	Нахлесточное	Угловой
19.		Тавровое	Угловой
20.	Каркас стационарных крыш	Нахлесточное	Угловой
21.	Сопряжение каркаса со стенкой и опорным кольцом	Тавровое	Угловой
22.	Настил стационарных крыш	Нахлесточное	Угловой
23.	Сопряжение патрубков с настилом крыш	Угловое	Угловой
24.		Нахлесточное	Угловой



Марки электродов для сварки резервуаров

(РД–25.160.10-КТН-050-06)

№ п/п	Назначение	Марка электрода	Ø, мм	Завод (фирма)-изготовитель
1.	Сварка и ремонт дефектов корневого слоя шва стыковых соединений из сталей М01(1); М03(2) с нормативным пределом прочности до 588 МПа вкл.	ЛБ-52У (LB-52U)	2,6; 3,2	Kobe Steel (Япония)
2.		Феникс К50Р Мод	2,5; 3,2	Bohler -Thyssen (Германия)
3.		ОК 53.70	2,5; 3,2	ESAB АВ (Швеция)
4.		ОК 53.70	2,5; 3,0	"ЕСАБ-СВЭЛ" (Россия, г. Санкт-Петербург)
5.		Фокс ЕВ Пайп	2,5; 3,2	Bohler-Thyssen Welding (Австрия)
6.		Пайплайнер 16П	2,5; 3,2	Lincoln Electric (США)
7.	Сварка и ремонт дефектов всех слоев шва угловых, тавровых и нахлесточных соединений из сталей М01(1) с нормативным пределом прочности до 530 МПа вкл.	ЛБ-52У (LB-52U)	3,2; 4,0	Kobe Steel (Япония)
8.		Феникс К50Р Мод	3,2; 4,0	Bohler-Thyssen (Германия)
9.		ОК 53.70	3,2; 4,0	ESAB АВ (Швеция)
10.		ОК 53.70	3,0; 4,0	"ЕСАБ-СВЭЛ" (г. Санкт-Петербург)
11.		ЛЭЗЛБгп	3,0; 4,0	Лосиноостровский электродный завод
12.		Фокс ЕВ Пайп	3,2; 4,0	Bohler-Thyssen Welding (Австрия)
13.		Конарк В180 (Conarc V180)***	3,2; 4,0	Lincoln Electric (США)
14.		Пайплайнер 16П	3,2; 4,0	Lincoln Electric (США)
15.		Икскалибур 7018	3,2; 4,0	Lincoln Electric (США)
16.		Р47	3,2; 4,0	ELGA АВ (Швеция)
17.	Сварка и ремонт	ОК 74.70	3,2; 4,0	ESAB АВ (Швеция)



Центр дистанционного обучения и повышения квалификации
Разработка технологии сварки элементов вертикального
цилиндрического резервуара

18.	дефектов всех слоев шва угловых, тавровых и нахлесточных соединений из сталей М03(2) с нормативным пределом прочности от 539 до 588 МПа вкл.	Пайплайнер 18П	3,2; 4,0	Lincoln Electric (США)
19.		Кессель 5520 Мо	3,2; 4,0	Bohler Schweisstechnik (Германия)
20.		Шварц -ЗК Мод	3,2; 4,0	Bohler-Thyssen (Германия)
21.		SHV1	3.2; 4,0	Bohler-Thyssen (Германия)
22.		P62MR	3.2; 4,0	ELGA AB (Швеция)



Сварочные материалы для механизированной сварки

(РД–25.160.10-КТН-050-06)

№	Группа стали, (нормативный предел прочности, МПа)	Марка и диаметр сварочной проволоки + защитный газ (тип, номер стандарта)	Завод (фирма) - изготовитель проволоки
1.	М01 (1) (до 530 вкл.)	Св-08Г2С \varnothing 1,2 мм (по ГОСТ 2246); углекислый газ сварочный (по ГОСТ 8050-85)	
2.		Св-08Г2С диаметром 1,2 мм (по ГОСТ 2246); смесь: 80% аргон + 20% углекислый газ (по ТУ)	-
3.		OK Autrod 12.51 \varnothing 1,2 мм (тип ER70S-6 по AWS A5.18); смесь: 80% аргон + 20% углекислый газ (по ТУ)	ESAB AB (Швеция)
4.		OK Autrod 12.51 \varnothing 1,2 мм (тип ER70S-6 по AWS A5.18) углекислый газ сварочный (по ГОСТ 8050-85)	ESAB AB (Швеция)
5.		SuperArc L-56 \varnothing 1,2 мм (тип E70S-6 по AWS A5.18) углекислый газ сварочный (по ГОСТ 8050-85)	Lincoln Electric (США)
6.		SuperArc L-56 диаметром 1,2 мм (тип E70S-6 по AWS A5.18) Смесь: 80% аргон + 20% углекислый газ	Lincoln Electric (США)



Центр дистанционного обучения и повышения квалификации
Разработка технологии сварки элементов вертикального
цилиндрического резервуара

7.	M03 (2) (539 - 588	OK Autrod 13.09 \varnothing 1,2 мм (тип ER80S-G по AWS A5.28) Смесь: 80% аргон + 20% углекислый газ	ESAB AB (Швеция)
8.	вкл.)	LA-75 \varnothing 1,2 мм (тип E80S-Ni1 по AWS A5.28) Смесь: 80% аргон + 20% углекислый газ	Lincoln Electric (США)



**Сварочные материалы для односторонней и двусторонней
сварки под флюсом (РД–25.160.10-КТН-050-06)**

№	Группа и предел прочности стали, МПа	Комбинация «флюс + проволока» (тип, номер стандарта)	Завод (фирма) - изготовитель
1.	М01 (1); до 530 вкл.	Lincolnweld 860 + L-61 диаметром 2,4-3,2 мм (тип F7A2 – EM 12 K-H8 по AWS A5.17)	Lincoln Electric (США)
2.		OK Flux 10.71 + OK Autrod 12.22 диаметром 2,5-3,2 мм (тип F7A6 – EM 12 K по AWS A5.17)	ESAB AB (Швеция)
3.		АН-47 (по ГОСТ 9087) + проволока Св-08ГА диаметром 2,5-3,0 мм (по ГОСТ 2246)	Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий (флюс)
4.	М03 (2); 539 ÷ 588 вкл.	Lincolnweld 860 + LA-85 диаметром 2,4-3,2 мм (тип F7A2 – EM 12 K-H8 по AWS A5.17)	Lincoln Electric (США)
5.		OK Flux 10.71 + OK Autrod 12.24 диаметром 2,5-3,2 мм (тип F8A4 – EA2-A2 по AWS A5.23)	ESAB AB (Швеция)
6.		OK Flux 10.71 + OK Autrod 13.24 диаметром 2,5-3,2 мм (тип F8A4 – EG -G по AWS A5.23)	ESAB AB (Швеция)

Примечание:

1. Все сварочные материалы должны проходить входной контроль.
2. Флюсы и проволоки для сварки под флюсом должны быть аттестованы и рекомендованы к применению в комбинациях «флюс + проволока».



3. Сварочные материалы должны обеспечивать равнопрочность металла шва с основным металлом конструкций резервуаров по пределу прочности, т.е. предел прочности металла шва должен быть не ниже нормативного значения предела прочности основного металла.

Основные положения технологии РДС

(РД-25.160.10-КТН-050-06)

Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
2.5	65...90
3.0 (3.2)	90...120
4.0	130...170

Примечание:

1. При сварке резервуарных конструкций используется технологический вариант ручной дуговой сварки, при котором корневой слой и все последующие слои выполняются электродами с основным покрытием на обратной полярности.
2. Сварку вертикальных швов следует выполнять способом снизу-вверх (на подъем). При сварке вертикальных соединений высота каждого слоя (валика) не должна превышать 10 мм. Ширина одного слоя должна быть не более 20 мм.
3. При сварке горизонтальных соединений высота валика должна быть 3...5 мм, а ширина не более 10 мм.



Типы электродов для ручной дуговой сварки

Область применения	Вид покрытия, тип по ГОСТ 9467- 77; обозначение по AWS A5.1 и A5.5.	Группа прочности свариваемой стали, нормативный предел прочности, МПа
Сварка корневого слоя шва стыковых соединений*	Основной; Э50А; E7016	М01(1); М03(2); до 588 включительно
Сварка заполняющих и облицовочного слоев шва стыковых соединений	Основной, Э50А, E7016, E7018	М01(1) до 530 включительно
	Основной; Э60; E8018; E8016	М03(2) от 539 до 588 включительно
Сварка всех слоев шва угловых, тавровых и нахлесточных соединений	Основной, Э50А E7016, E7018	М01(1) до 530 включительно
Сварка всех слоев шва угловых, тавровых и нахлесточных соединений	Основной, Э60; E8018; E8016	М03(2) от 539 до 588 включительно



Сварка горизонтальных стыков резервуара (РД-25.160.10-КТН-050-06)

1. Сварку горизонтальных стыков стенки выполняют после завершения сварки вертикальных стыков в смежных поясах.
2. Кромки горизонтальных стыков при сборке следует закреплять непрерывным корневым слоем толщиной 2...4 мм, выполняемым механизированной сваркой в CO_2 или порошковой проволокой.
3. Площадь сечения каждого прохода должна составлять не более 50 мм². Максимальная ширина каждого прохода – не более 14 мм.

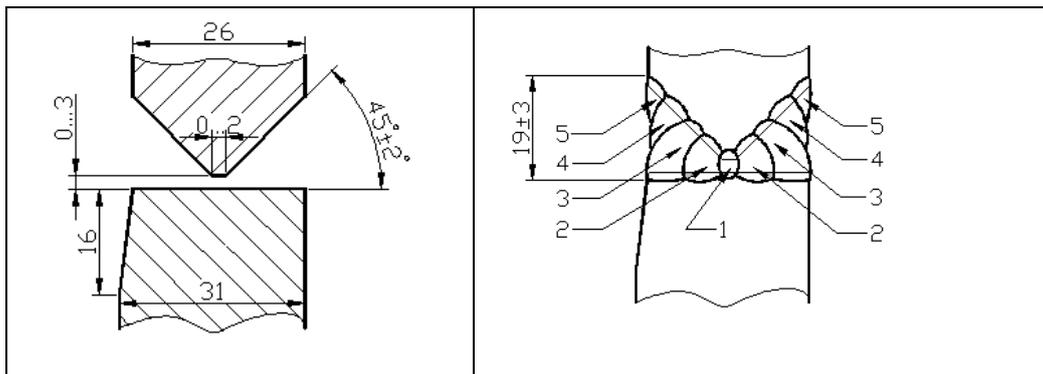
Режимы автоматической сварки под слоем плавленого флюса горизонтальных швов

Слой шва	Ø проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Вылет электрода, мм
Заполняющие	2,4 (2,5)	450-550	30-34	40-60	30-35
	3,0 (3,2)	500-600	32-36	45-65	32-35
Облицовочные	2,4 (2,5)	400-500	32-36	45-65	30-35
	3,0 (3,2)	450-550	34-38	50-70	32-35

Примечания:

1. Угол наклона электрода вниз от нормали к плоскости в пределах 0...30°.
2. Угол наклона электрода вперед от нормали в пределах 0...10°.
3. Сварка выполняется одновременно с двух сторон.

Схема раскладки слоев



Сварка вертикальных стыков резервуара в CO₂

(РД-25.160.10-КТН-050-06)

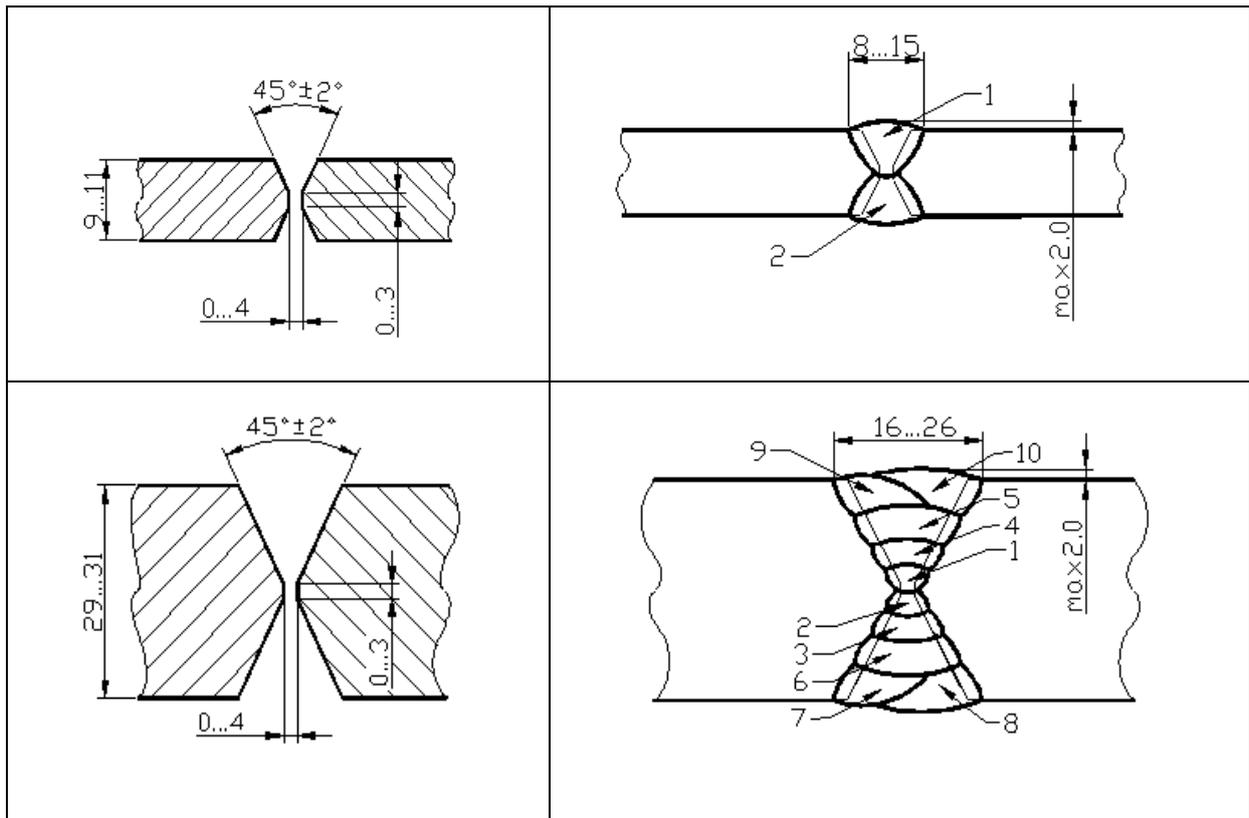
Слой шва	Полярность тока	Ток А	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин	Вылет электрода, мм
Корневой	Постоянный, обратная (Ø 1.2 мм)	160...210	19...21	14...16	15...28
Заполняющие		190...210	20...21	12...16	15...20
Облицовочный		150...160	19...20	15...20	10...12

Примечание:

1. При механизированной сварке швы следует выполнять обратнo-ступенчатым способом участками 400...500 мм. Корень шва в CO₂ рекомендуется выполнять сверху - вниз.
2. Для уменьшения угловых деформаций вертикальные швы следует выполнять одновременно с двух сторон (после корневого слоя) или обеспечить жесткое закрепление собранного стыка скобами или поперечными гребенками.
3. Площадь сечения одного прохода при механизированной сварке не должна превышать 100 мм².
4. Последовательность и схема выполнения сварки представлена.



Центр дистанционного обучения и повышения квалификации
Разработка технологии сварки элементов вертикального
цилиндрического резервуара





**Режимы механизированной сварки в CO₂ стыковых, угловых и
тавровых соединений (РД-25.160.10-КТН-050-06)**

Марк а прово -ки и ∅	Поло жени е сварк и	Слой шва	Сваро ч-ный ток, А	Напр я- жени е дуги, В	Выле т пров- ки, мм
Св- 08Г2С ∅ 1,2 мм	Нижн ее	Корневой	140- 210	19-22	10-15
		Заполняю щие	180- 320	20-28	
		Облицовоч ные	160- 320	20-28	
	Верти каль- ное	Корневой	140- 180	19-22	
		Заполняю щие	160- 220	19-24	
		Облицо- вочные	140- 160	19-22	
	Гориз он- тальн ое	Корневой	160- 180	19-22	
		Заполняю щие	240- 300	22-26	
		Облицовоч ные	160- 220	20-25	



	Пото лоч- ное	Все	140- 160	18-20	
--	---------------------	-----	-------------	-------	--

Примечание:

1. При сварке без разделки кромок угловых, тавровых и нахлесточных соединений в нижнем положении швы катетом до 8.0 мм можно выполнять за один проход. Швы больших катетов следует выполнять за два или несколько проходов.

2. Площадь одного прохода не должна превышать 100 мм². Ширина каждого прохода не должна превышать 20 мм. При ширине слоя больше 20 мм он выполняется за два или несколько проходов.

3. С целью исключения образования зашлаковок и непроваров в соединениях, свариваемых в нижнем и горизонтальном положениях, перемещение горелки следует производить с перекрытием сварочной ванны возвратно-поступательно-вращательным движением конца проволоки.

4. Расход газа устанавливается в зависимости от скорости ветра.