

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и  
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОЛОННЫ БУРОВОЙ ВЫШКИ**

Пояснительная записка ВКР  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профиля Машиностроение и материалобработка  
профилизации Технологии и технологический менеджмент в сварочном  
производстве

Идентификационный код ВКР: 117

Исполнитель:  
студент группы ЗСМ-405С

А.В. Татаринов

Руководитель:  
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2019

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 93 страницах, содержит 21 рисунок, 20 таблиц, 35 источников литературы.

Ключевые слова: БУРОВАЯ УСТАНОВКА, КОЛОННА БУРОВОЙ ВЫШКИ, ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СВАРКИ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН.

Татаринов, А.В. Разработка технологии сборки и сварки колонны буровой вышки: выпускная квалификационная работа / А.В. Татаринов: Рос. гос. проф. – пед. ун - т инж. – пед. образования, Каф. Инжиниринга и методики профессионального обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 93 с.

### *Краткая характеристика содержания ВКР:*

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии сборки и сварки колонны буровой вышки».
2. Цель: усовершенствование технологии сварки с применением систем механизации взамен существующей технологии полуавтоматической сварки.
3. В ходе работы выполнена оценка свариваемости основного металла, выбраны способ сварки и сварочные материалы, выбраны основные параметры режима сварки и геометрические размеры сварного шва. Скомпонована установка для сборки и сварки и выбрано основное сварочное оборудование. Проведен сравнительный анализ профессиональных стандартов, разработан учебный план переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».
4. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании колонны буровой вышки на заводе тяжелого машиностроения ПАО «Уралмашзавод».

					<b>ДП 44.03.04.117 ПЗ</b>			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<i>Разработка технологии сборки и сварки колонны буровой вышки</i>	Литера	Лист	Листов
Разраб.	Татарино							
Провер	Плаксина							
Рук.								
Н.	Билалов							
Утв.	Гузанов							
						ФГАОУ ВО РГПУ, ИИПО каф ИММ пр3СМ-405С		



Инва. № подл.	Подп и дата	Взам. инв.№	Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

3



«Оператор автоматической сварки плавлением»	82
2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	83
2.4 Разработка план - конспекта урока	84
2.5 Вывод по методическому разделу	88
Заключение	89
Список использованных источников	90
ПРИЛОЖЕНИЕ А Лист задания	94
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Технологическая схема	95

Инв. № подл.	Подп и дата	Взам. инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата						Лист
										5
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Машиностроительная Корпорация «Уралмаш» - ведущее российское предприятие тяжелого машиностроения, выпускающее оборудование для металлургии, горнодобывающей, нефтегазодобывающей промышленности и других отраслей. Создана на базе Уралмашзавода (г.Екатеринбург) и ряда инжиниринговых компаний в 2007 году.

Развитие производства бурового оборудования в Уральском заводе тяжёлого машиностроения началось с 40-х годов. С 1945 года изготовлено более 15000 буровых установок грузоподъемностью 160-600 тонн и глубиной бурения от 1500 до 15000 м. В 70-х - 80-х годах была создана уникальная буровая установка для сверхглубокого бурения Уралмаш-15000. На Кольском полуострове этой установкой была пробурена скважина глубиной 12262 метра, которая и по сей день остается самой глубокой в мире.

В 2000-х на базе установки Уралмаш 3900/225 ЭК-БМ разработано и изготовлено целое семейство кустовых буровых установок грузоподъемностью от 200 до 450 тонн. При этом сравнительно малый годовой объём производства буровых установок позволял изготавливать сварные конструкции буровых установок с малой степенью механизации.

В 2007 г. руководство МК «Уралмаш», в связи с увеличением спроса на буровое оборудование, приняло решение возобновить производство комплектных буровых установок по собственному инжинирингу. Для этого в корпорации, в компании «Уралмаш - Инжиниринг» создан дивизион «Нефтегазовое буровое оборудование». К производству буровых установок подключено еще одно мощное предприятие МК «Уралмаш»: ОРМЕТО-ЮУМЗ (г.Орск). И к настоящему времени рассматривается вопрос о модернизации оборудования и технологии сварки элементов буровых установок; результаты работы отчёта направлены на усовершенствование оборудования и технологии изготовления колонн буровых вышек.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инд. № дубл.	Подп. и дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

В связи с этим в настоящем дипломном проекте представлены результаты работы по разработке технологии и оборудования для изготовления колонны буровой вышки.

В проекте изучена и проанализирована базовая технология изготовления колонн буровых вышек, в результате чего было принято решение о применении механизированного (автоматического) способа сварки в защитном газе.

Для разрабатываемого изделия и принятого способа сварки выбраны типы сварных соединений, рассчитаны основные параметры режима сварки. С целью обеспечения получения качественных сварных соединений, сделана оценена склонность сварного соединения к образованию трещин. На основании назначенных технологических мероприятий и расчётов режимов сварки разработана технология автоматической сварки в среде защитного газа Gorgon 20.

Объектом проектирования является технологический процесс сварки.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки колонны буровой вышки.

Для реализации предлагаемой технологии сварки спроектировано специализированное сборочное приспособление и скомпонована установка, обеспечивающая выполнение механизированной сварки колонны буровой вышки.

Целью проектирования является процесс изготовления «колонны буровой вышки». Разрабатываемый технологический процесс сварки должен не только обеспечивать получение надёжных сварных соединений и конструкций, отвечающих всем эксплуатационным требованиям, но должен также допускать максимальную степень механизации и автоматизации производственных процессов изготовления изделий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						7

- проанализировать базовый вариант изготовления колонны буровой вышки;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки и сварки колонны буровой вышки;
- разработать программу подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления колонны буровой вышки, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; методическая часть направлена на разработку программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства колонны буровой вышки.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;
- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

# 1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОЛОННЫ БУРОВОЙ ВЫШКИ

## 1.1 Назначение и техническое описание конструкции буровой вышки

Кустовые буровые установки:

а) Уралмаш 2500/160 ЭСК-БМ; б) Уралмаш 3900/225 ЭК-БМ; в) Уралмаш 4000/250 ЭК-БМ; г) Уралмаш 5000/335 ДЭК-БМ; д) Уралмаш 6500/450 ЭЧРК-БМ.

Установки (рисунок 1.1) предназначены для кустового бурения скважин на нефть и газ в условиях Крайнего Севера.

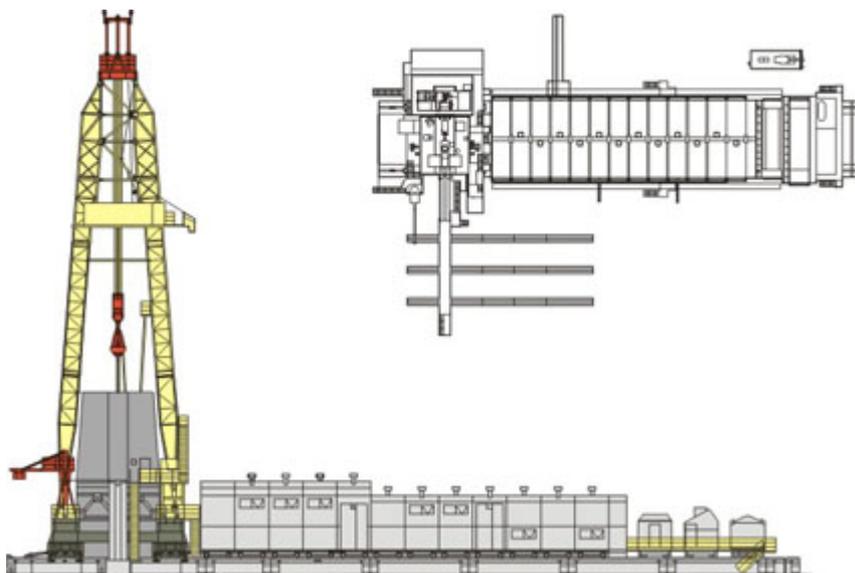


Рисунок 1.1 – Схема буровой установки

Конструктивные особенности буровых установок:

- Установка позволяет бурить скважины на грунтах с низкой несущей способностью, при этом отпадает необходимость в укладке и нивелировании бетонных плит.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист
9

- Сроки разбуривания куста сокращаются за счет перемещения в пределах куста всего эшелона, включая вышечно-лебедочный блок с комплектом бурильных труб, установленных на подсвечниках.

- Многократно сокращаются сроки и затраты первичного и повторных монтажей за счет блочно-модульного исполнения с поставкой модулей высокой заводской готовности.

- Центрирование и выравнивание вышечно-лебедочного блока осуществляется в процессе бурения.

- Экологически чистое бурение за счет исключения амбаров и утилизации бурового раствора, исключения протечек бурового раствора и других жидкостей под буровую.

- Оптимальный режим бурения выбирается за счет 100% регулируемого привода основных механизмов и применения регулятора подачи долота.

- Регулируемый привод основных механизмов от электродвигателей постоянного или переменного тока производится через комплектное тиристорное устройство в контейнерном исполнении от промышленных сетей или дизель-электрических станций.

- Электропривод лебедки обеспечивает торможение бурильных и обсадных колонн, механический дисковый тормоз работает только как стояночный и аварийный.

- Система управления главными механизмами выполнена на базе микропроцессорных контроллеров, что повышает надежность и снижает утомляемость бурильщика.

- Помещения буровой имеют утепленные полы, укрытия и отопительные паровоздушные агрегаты с замкнутой системой.

- Установка комплектуется котельной с водоподготовкой. Транспортирование модуля с куста на куст осуществляется на полуприцепах и транспортом общего назначения.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						10

## 1.2 Назначение и техническое описание конструкции колонны буровой вышки

Кустовая буровая вышка Уралмаш 2500/160 ЭСК-БМ предназначена для кустового бурения скважин на нефть и газ в условиях Крайнего Севера.

Одним из элементов буровой вышки является колонна (рисунок 1.2).

Все элементы колонны буровой вышки изготовлены из стали 09Г2С за исключением проушин – из стали 10ХСНД.

Сталь 09Г2С, ее технические характеристики, необходимы в создании транспортных средств, строительстве, нефтяной и химической промышленности. Широкий температурный диапазон позволяет применять материал там, где происходят сильные деформации за длительный эксплуатационный срок. При этом ограниченная температура от - 70 до 425°С, способствует применению изделий из стали 09Г2С в суровых климатических условиях. Характеристики стали 09Г2С позволяют использовать ее для изделий, требующих высокой износостойкости: балки, швеллера, уголки.

Сталь 10ХСНД, предназначена для изготовления инженерных сооружений, мостовых конструкций простого и северного исполнения (от -70 до 450 °С,). Кроме того, благодаря наибольшей прочности и устойчивости от коррозии ее применяют также в элементах сварных конструкций и в деталях специализированной техники. Предел прочности листового проката марки стали 10ХСНД составляет от 590 до 640 МПа. Сталь этой марки используется с элементами сварных конструкций из металла и различными деталями, к характеристике которых предъявляются высокие требования прочности и предохранения от коррозии с лимитированием массы.

Химический состав сталей 09Г2С по ГОСТ 19281-89 и 10ХСНД по ГОСТ 19281-89 представлен в таблице 1.1. Механические свойства изделий из сталей 09Г2С и 10ХСНД представлены в таблице 1.2.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист

**ДП4403.04.117ПЗ**

Таблица 1.1 – Химический состав сталей для производства колонн (% масс) по ГОСТ 19281-89 [1, 4]

Марка стали	Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Медь
09Г2С	до 0,12	0.50-0.80	1,30-1,70	до 0,30	до 0,04	до 0,035	до 0,30	до 0,30
10ХСНД	до 0,12	0.80-1,1	0,50-0,80	0,50-0,80	до 0,04	до 0,035	0,60-0,90	0,40-0,60

Таблица 1.2 – Механические свойства сталей ГОСТ 1050-88 при T=20°C [1, 4]

Марка стали	Сортамент	$\sigma_b$ МПа	$\sigma_T$ МПа	$\delta_5$ %	KCU кДж / м <sup>2</sup>
09Г2С	Лист, ГОСТ 5520-79	430-490	265-345	21	590-640
	Трубы, ГОСТ 10705-80	490	343	20	--
10ХСНД	Лист, ГОСТ 5520-79	540	400	19	--
	Трубы, ГОСТ 10705-80	510-685	390	19	290

Обозначение:

$\sigma_b$  – временное сопротивление разрыву, МПа.

$\sigma_T$  – предел текучести, МПа.

$\delta_5$  – относительное удлинение при разрыве, %.

KCU – ударная вязкость, [кДж / м<sup>2</sup>].

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

12

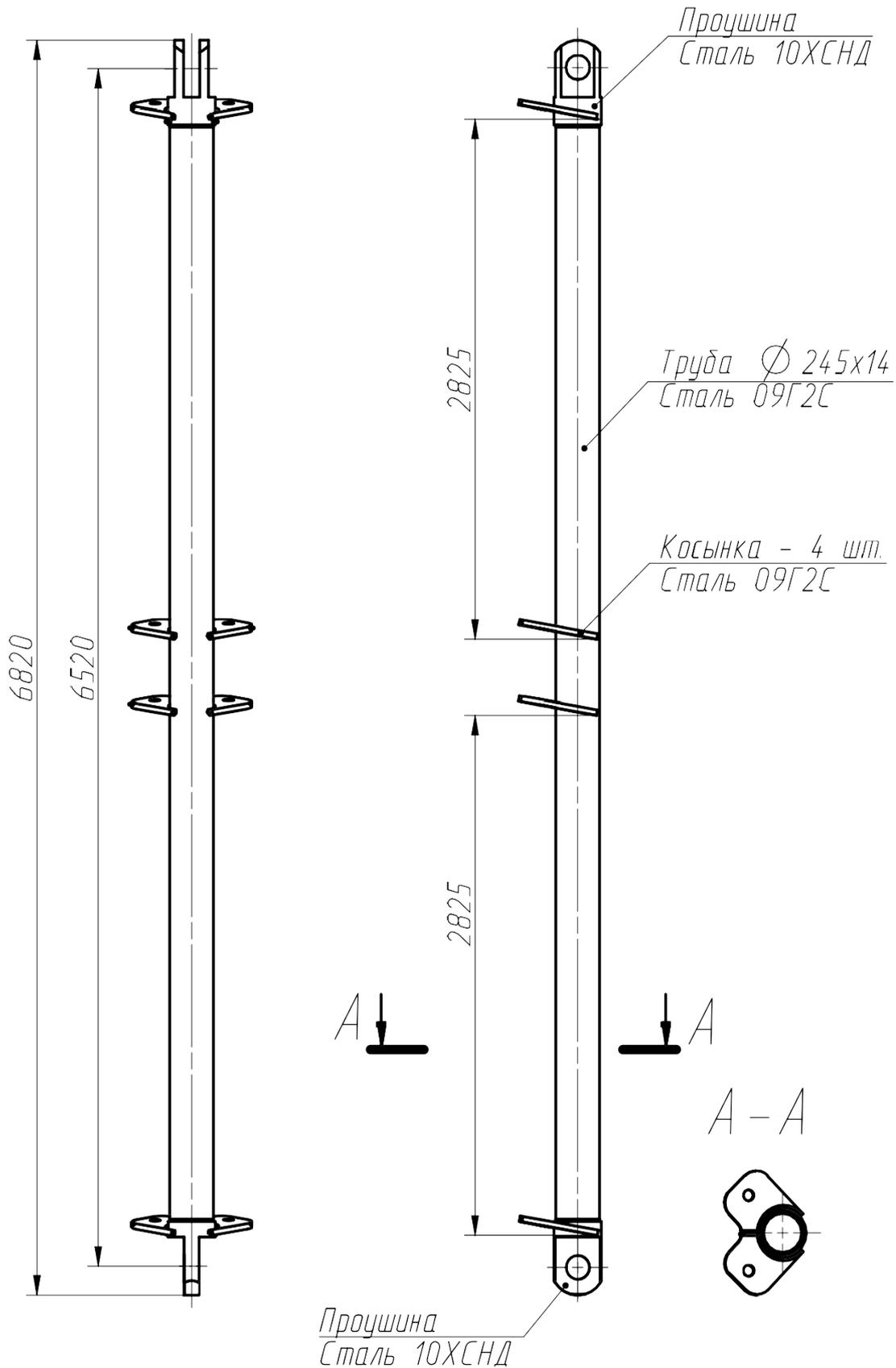


Рисунок 1.2 – Эскиз колонны буровой вышки

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

### 1.3 Анализ свариваемости сталей для производства колонны буровой вышки

Свариваемость – это способность стали данного химического состава давать при сварке тем или иным способом высококачественное сварное соединение без трещин, пор и прочих дефектов. От химического состава стали зависит ее структура и физические свойства, которые могут изменяться под влиянием нагрева и охлаждения металла при сварке. На свариваемость стали влияет содержание в ней углерода и легирующих элементов.

В сравнении со сталью 09Г2С сталь 10ХСНД обладает повышенной прочностью и упругостью вследствие увеличенного содержания кремния. Добавка меди в сталь около 0,5 % (в стали 10ХСНД от 0,4 до 0,6%) повышает стойкость против коррозии [2].

Численные методы оценки свариваемых свойств сварного соединения низколегированных сталей позволяют с достаточной точностью назначать технологические меры для получения качественных сварных соединений для этой группы сталей.

При разработке технологии сварки, с целью выявления необходимости назначения тех или иных технологических мероприятий выполняется оценка свариваемых свойств основного металла.

При оценке влияния химического состава на свариваемость сталей, кроме содержания углерода, учитывается также содержание других легирующих элементов, повышающих склонность стали к закалке. Это достигается путем пересчета содержания каждого легирующего элемента стали в эквиваленте по действию на ее закаливаемость с использованием переводных коэффициентов, определенных экспериментально. Суммарное содержание в стали углерода и пересчитанных эквивалентных ему количеств легирующих элементов называется углеродным эквивалентом. Для его расчета существует ряд формул, составленных по различным методикам,

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						14

которые позволяют оценить влияние химического состава низколегированных сталей на их свариваемость

Достаточно часто расчеты химического углеродного эквивалента для углеродистых и низколегированных конструкционных сталей перлитного класса выполняются по формуле Сефериана.

$$[C]X = C + Mn/9 + Cr/9 + Ni/18 + 7Mo/90 \quad (1)$$

где символы – химический элемент, содержание его в стали, %;

а) эквивалент углерода  $C_{эқв}$ , % для стали 09Г2С

$$C_{эқв} = 0,12 + 1,7/9 + 0,3/9 + 0,3/18 = 0,35\%$$

б) эквивалент углерода  $C_{эқв}$ , % для стали 10ХСНД

$$C_{эқв} = 0,12 + 0,8/9 + 0,9/9 + 0,8/18 = 0,34\%$$

$C_{эқв}$  меньше 0,45% - сталь 09Г2С и сталь 10ХСНД не склонны к образованию холодных трещин. Сварка данных сталей может проходить без предварительного подогрева и термической обработки. [5]

Хорошая свариваемость стали обеспечивается благодаря низкому содержанию углерода. Если углерода больше, то в сварном шве могут образовываться микропоры при выгорании углерода и возникать закалочные структуры, что ухудшает качество шва.

Оценка склонности металла к образованию горячих трещин при сварке выполняется по показателю Уилкинсона [4]:

$$HCS = [C(S+P+Si/25+Ni/100)1000]/(3Mn+Cr+Mo+V) \quad (1.2)$$

Инов. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инов. № дубл.				
	Взам. инв. №				
Подп. и дата				Лист	
Инов. № дубл.					
Взам. инв. №					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;"><b>ДП4403.04.117ПЗ</b></p>

где символы – химический элемент, содержание его в стали, %;

Показатель Уилкинсона для стали 09Г2С

$$HCS=[0,12(0,035+0,040+0,8/25+0,3/100)1000]/(3\cdot 1,3+0,15)=3,11;$$

$HCS < 4$  – сталь 09Г2С не склонна к образованию горячих трещин.

Показатель Уилкинсона для стали 10ХСНД

$$HCS=[0,12(0,035+0,04+1,1/25+0,8/100)1000]/(3\cdot 0,5+0,6)=7,54;$$

$HCS > 4$  – это означает, что в условиях высокого темпа сварочной деформации в температурном интервале хрупкости, который зависит от типа и жёсткости сварного соединения, способа и режима сварки, возможно образование горячих трещин.

С целью снижения вероятности образования горячих трещин в металле шва и получения равнопрочного сварного соединения требуется применить присадочный металл (сварочную проволоку) с повышенным содержанием марганца и хрома и с низким содержанием вредных примесей и никеля. Поскольку выполняется сварка проушины из стали 10ХСНД с трубой из стали 09Г2С, то возможно применить сварочную проволоку с системой легирования как у стали 09Г2С учитывая, что она не склонна к образованию горячих трещин. [2]

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>			Лист	
								16	

## 1.4 Выбор способа сварки и сварочных материалов

### 1.4.1 Характеристика способов сварки

Среди дуговых способов сварки, позволяющих механизировать процесс подачи сварочной проволоки (обеспечивая стабильность электрических параметров сварочной дуги) и перемещение сварочной дуги с требуемой скоростью сварки являются [5]:

- сварка под флюсом;
- сварка в защитном газе;
- сварка самозащитной порошковой проволокой;

а) Сварка порошковой проволокой. Данный вид сварки применяется достаточно часто, так как имеет множество преимуществ. Например, обычная флюсовая сварка может быть затруднена по причине невозможности точно направить электрод в нужное место (разделку). Кроме того, наблюдать за формированием шва тоже не представляется возможным. Особенно остро эти проблемы встают, если речь идет о полуавтоматическом процессе. Если рассматривать сварку в защитном газе, то и тут не все гладко. Данная защита может постоянно нарушаться из-за сквозняка. Кроме того, сопла, подающие защитный газ, могут забрызгиваться в процессе сварки.

б) При сварке под флюсом металл шва наиболее защищён от активных газов атмосферного воздуха; процессы рафинирования и раскисления металла сварочной ванны протекают интенсивно за счёт участия в химических реакциях компонентов флюса. Угар легирующих компонентов основного металла и металла сварочной проволоки минимален, полностью отсутствует разбрызгивание – общие потери электродного и основного металла составляют не более 0,5%. Недостатком этого способа является свойство флюса к диффузии атмосферных паров воды, вследствие чего увеличивается содержание диффузионного водорода в металле шва, который располагаясь по границам зёрен способствует образованию кристаллизационных трещин. Применение сварки под флюсом рационально

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>				Лист
				17

при сварке металла средних и больших толщин в нижнем положении плоских поверхностей.

в) Сварка в углекислом газе менее производительна в сравнении со сваркой под флюсом, наблюдается значительное выгорание легирующих элементов из металла сварочной проволоки, а при неправильно настроенном режиме сварки – высокое разбрызгивание электродного металла. Скорость охлаждения металла также выше, что способствует образованию холодных трещин. Но исключают проникновение диффузионного водорода в металл сварочной ванны из флюса. Сварка в углекислом газе реализуется в основном при сварке металла малых и средних толщин (до 10-15мм) и где технологически невозможно или экономически невыгодно применение сварки под флюсом.

#### 1.4.2 Выбор способа сварки

Применение сварки под флюсом рационально при сварке металла средних и больших толщин в нижнем положении. Так, при рассмотрении сварной конструкции колонны буровой вышки, учитывая большие толщины свариваемого металла, допустимо применить сварку под флюсом. Однако сравнительно малая протяжённость сварных швов и криволинейные контуры требуют визуального наблюдения за процессом сварки. Кроме того технологически (учитывая небольшой диаметр изделия и криволинейность контура сварки) потребуется выполнение сварки в несколько проходов, вследствие чего применение сварки под флюсом может затруднить работу необходимостью удаления шлаковой корки из разделки кромок.

Такую же степень механизации и качественную защиту металла сварочной ванны от взаимодействия с активными газами атмосферного воздуха обеспечивает сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой. При этом способ сварки в защитном газе

Инд. № подл.	Подп. и дата				Лист	
	Инд. № дубл.					18
	Взам. инв. №					
Подп. и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;"><b>ДП4403.04.117ПЗ</b></p>	

позволяет выполнять сварку во всех пространственных положениях с возможностью визуального наблюдения за процессом сварки.

Сварка в защитном газе с порошковой проволокой и сварка порошковой самозащитной проволокой устраняет такой недостаток сварки под флюсом, как невозможность сварки во всех пространственных положениях и отсутствие визуального наблюдения за сварочной дугой. Но с экономических позиций в настоящем проекте эти варианты неприемлемы.

Исходя из рассмотренного технического описания вероятных способов сварки применительно к изготовлению колонн буровых вышек принимается сварка в защитном газе плавящейся электродной проволокой сплошного сечения.

Особенности дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом, послужившим обоснованием для его применения при изготовлении колонны буровой вышки [3, 5]:

- высокая степень концентрации дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации изделия;
- высокая производительность;
- высокоэффективная защита расплавленного металла, особенно при использовании в качестве защитной среды инертных газов;
- возможность наблюдения за ванной и дугой;
- низкая стоимость выполнения сварочных работ (в сравнении со сваркой под флюсом и порошковыми проволоками);
- широкая возможность механизации и автоматизации;
- возможность сварки в различных пространственных положениях.

При сварке плавящимся электродом дуга горит между концом непрерывно расплавляемой проволоки и изделием (рисунок 1.3). Проволока подается в зону дуги с помощью механизма со скоростью, равной средней скорости ее плавления. Это обуславливает постоянство средней длины дугового промежутка.

И н в. № подл.	Подп и дата	В зам. инв. №	И н в. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						19

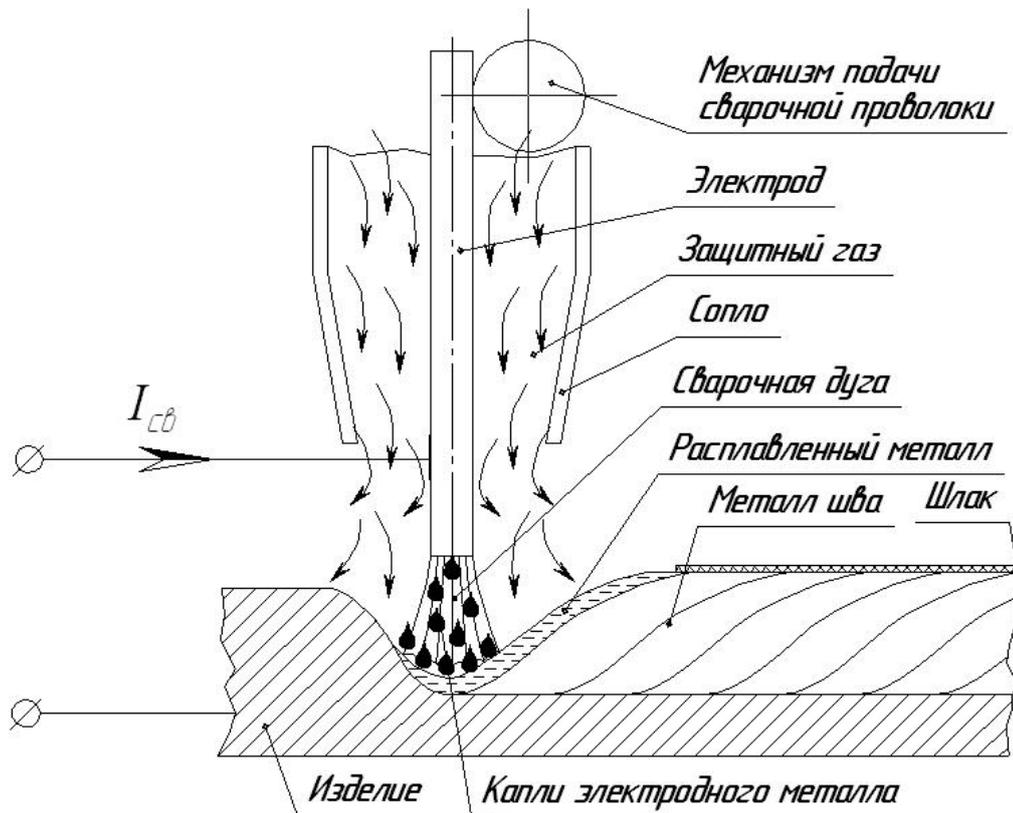


Рисунок 1.3 – Схема сварки в защитном газе плавящимся электродом

Расплавленный металл электродной проволоки переходит в сварочную ванну и, таким образом, участвует в формировании шва. В качестве защитной среды применяют как инертные, так и активные газы, а также их смеси [3, 5].

#### 1.4.3 Выбор защитного газа

Для сварки углеродистых и легированных сталей в качестве защитной среды возможно применение углекислого газа [6]. Но, как показывает практика работы в ОАО «Уралмашзавод» получить сварной шов с хорошим формированием и минимальными потерями на разбрызгивание представляется затруднительным, в связи с чем в качестве защитной среды принимают смесь газов – 80% Ar+20% CO<sub>2</sub>. При выборе защитного газа

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						20
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата		

рассматривались и трёхкомпонентные смеси (аргон + углекислый газ + кислород), но это экономически невыгодно и технологически нерационально.

Таким образом для сварки колонны буровой вышки принимается смесь газов – 80% Ar+20% CO<sub>2</sub>. Принятую смесь возможно изготовить с применением специальных смесителей газов из двуокиси углерода сварочной по ГОСТ 8050-85 и аргона по ГОСТ 10157-73. В настоящее время такая смесь называется Gorgon 20.

#### 1.4.4 Выбор сварочной проволоки

При сварке проушин из стали 10ХСНД с трубой из стали 09Г2С возможно образование горячих трещин в металле шва, т.к. сталь 10ХСНД склонна к образованию горячих трещин. Таким образом, технологично составить металл шва из металла трубы, поскольку сталь 09Г2С не склонна к образованию горячих трещин, и возможно применение сварочной проволоки с химическим составом, близким к химическому составу основного металла трубы – стали 09Г2С.

Остальные элементы колонны буровой вышки изготовлены из стали 09Г2С, анализ на свариваемость которой показал, что сталь не склонна к образованию горячих трещин. В связи с этим для сварки остальных элементов колонны буровой вышки для обеспечения равнопрочности сварного соединения требуется применить присадочный металл (сварочную проволоку) близкую по химическому составу к основному металлу – стали 09Г2С.

В базовой технологии сварки применяется сварочная проволока ОК-AristoRod-12.50, близкая по химическому составу к основному металлу – стали 09Г2С, которая обеспечивает получение требуемых механических свойств металла шва и отсутствие горячих трещин.

Из таблицы 1.4 видно, что по основным легирующим элементам существует аналог этой проволоки, но Российского производства.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Сравнительный анализ химического состава сварочных проволок (таблица 1.4) позволяет сделать вывод о возможности использования сварочной проволоки Св-08Г2С взамен AristoRod-12.50. Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 приведён в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Химический состав сварочных проволок [6]

Марка	Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Медь	Титан+цирконий
Св-08Г2С	до 0,12	0.50-0.80	1,30-1,70	до 0,30	до 0,04	до 0,035	до 0,30	до 0,30	--
OK-AristoRod-12.50	до 0,08	0.85	1,45	0,04	0,008	0,012	0,04	0,03	0,01

Инов. № подл.	Подп и дата	Взам. инв.№	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**



### 1.5.1.2 Расчёт режима сварки первого прохода

а) Высота сварного шва, мм:

$$H=g+\delta, \quad (1.3)$$

где:  $g$  – высота усиления;

$\delta$  - приведённая толщина металла.

$$H=0+11=11\text{мм.}$$

б) Площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>:

$$F_H=F_H^1+F_\Delta=g\cdot e\cdot 0,735+ F_\Delta, \quad (1.4)$$

где:  $F_\Delta$  - площадь поперечного сечения разделки, мм<sup>2</sup>;

$F_H^1$  – площадь разделки под высотой усиления, мм;

$$F_H=0\cdot 8,2\cdot 0,735+39=39\text{мм}^2.$$

в) Расчётная глубина проплавления, мм:

$$h_p=H-F_H/(0,735\cdot e), \quad (1.5)$$

где:  $H$  – высота сварного шва, мм;

$F_H$  – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$e$  – ширина шва.

$$h_p=11-39/(0,735\cdot 8,2)=4,3\text{ мм.}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
	Изм	Лист							24
Взам. инв.№	Инд. № дубл.	Подп. и дата							

г) Сварочный ток, А:

$$I_{св}=(80\dots100)\cdot h_p=(80\dots100)\cdot 4,3 = (349\dots430) \text{ А}; \quad (1.6)$$

Принимают  $I_{св}=340\text{А}$ .

д) Диаметр электрода назначается в зависимости от допустимой плотности тока [12],  $d_э = 1,6 \text{ мм}$ .

е) Напряжение дуги, В:

$$U_d=18+[(50\cdot 10^{-3}\cdot I_{св})/(d_{эл})^{0,5}]\pm 1 \quad (1.7)$$

где:  $I_{св}$  – сварочный ток, А;

$d_{эл}$  – диаметр электрода, мм.

$$U_d=18+[(50\cdot 10^{-3}\cdot 340)/(1,6)^{0,5}]\pm 1=30\pm 1 \text{ В}$$

Принимают  $U_d=29 \text{ В}$ ;

ж) Скорость сварки, м/ч:

$$V_{св}=A/I_{св}; \quad (1.8)$$

где  $A$  – коэффициент зависящий от диаметра электрода;

$$V_{св}=(5\dots 8)\cdot 10^3/340=14\dots 23 \text{ м/ч};$$

Принимают:  $V_{св}=14 \text{ м/ч}$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата			
	Инв. № дубл.			
	Взам. инв. №			
Подп. и дата				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>				Лист
				25

з) Погонная энергия сварки, Дж/см:

$$q_n = (I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_n) \cdot 36 / V_{св}, \quad (1.9)$$

где  $I_{св}$  – сварочный ток, А;  
 $U_d$  – напряжение дуги, В;  
 $\eta_n$  – эффективный тепловой КПД;  
 $V_{св}$  – скорость сварки, м/ч.

$$q_n = 340 \cdot 29 \cdot 0,7 \cdot 36 / 25 = 6854 \text{ Дж/см.}$$

и) Коэффициент глубины проплавления:

$$\varphi = k^1 \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot (d_{эл} \cdot U_d / I_{св}), \quad (1.10)$$

где  $k^1$  – коэффициент, зависящий от рода, полярности тока и его плотности в электроде;  
 $d_{эл}$  – диаметр электрода, мм;  
 $U_d$  – напряжение дуги, В;  
 $I_{св}$  – сварочный ток, А.

$$\varphi = 0,9(19 - 0,01 \cdot 340) \cdot (1,6 \cdot 29 / 340) = 2,1.$$

к) Фактическая глубина проплавления, мм:

$$h_p = 0,081 \cdot (q_n / \varphi)^{0,5}, \quad (1.11)$$

где  $q_n$  – погонная энергия сварки, Дж/см;  
 $\varphi$  – коэффициент глубины проплавления.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**

$$h_p = 0,081 \cdot (6854/2,1)^{0,5} = 4,6 \text{ мм.}$$

При сварке в смеси с содержанием в углекислом газе около 80% аргона глубина проплавления снизится в 1,05[5]:

$$h_p = 4,6/1,05 = 4,4 \text{ мм (требуемая 4,3 мм).}$$

л) Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_n = (I_{св}(U_a + \phi) + I_{св}^2 \cdot \rho \cdot l_{эл} / F_{эл}) \cdot 36 / F_{эл} \cdot \gamma_{эл} \cdot \Delta h_{эл}, \quad (1.12)$$

где  $I_{св}$  – сварочный ток, А;

$U_a$  – анодное падение напряжения, В;

$\phi$  – потенциал ионизации, эВ;

$\rho$  – удельное электросопротивление электродного металла, мкОм·см<sup>2</sup>/мм;

$l_{эл}$  – вылет электрода, мм;

$F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>;

$\gamma_{эл}$  – плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup>;

$\Delta h_{эл}$  – изменение энтальпии металла электрода при температуре  $\approx 1700^\circ\text{C}$ , Дж/г.

$$V_n = [(340 \cdot (5+5) + 340^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 / 0,03) / 36] / (0,03 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 320 \text{ м/ч.}$$

м) Фактическая площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>

$$F_n = F_{эл} \cdot V_n \cdot (1 - \Delta) / V_{св}, \text{ мм}^2 \quad (1.13)$$

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						27

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода, мм<sup>2</sup>;  
 $V_n$  – скорость подачи электродной проволоки, м/ч;  
 $\Delta$  - потери электродного металла;  
 $V_{св}$  – скорость сварки, м/ч.

$$F_n = 3,1 \cdot 320 \cdot (1 - 0,05) / 35 = 28,6 \text{ мм}^2.$$

н) Ширина сварного шва, мм:

$$e = \varphi \cdot h_p, \quad (1.14)$$

$$e_1 = 2,1 \cdot 4,4 = 9,2 \text{ мм (требуемая 8,2 мм)}.$$

о) Фактическая высота усиления, мм:

$$g = (F_n - F_{\Delta}) / e \cdot 0,735, \quad (1.15)$$

где:  $F_{\Delta}$  - площадь поперечного сечения разделки, мм<sup>2</sup>;  
 $e$  – ширина шва, мм.

$$g = (28,6 - 39) / 8,2 \cdot 0,735 = -1,7 \text{ мм (требуемая 0 мм)}.$$

п) Коэффициент сосредоточенности дуги см<sup>-2</sup>:

$$k = 4 \cdot (\ln h_p^1 + 3,5) / e^2, \quad (1.16)$$

где  $h_p^1$  – приведённая глубина проплавления, см;  
 $e$  – ширина шва, см.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист							
						Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	28
												28

$$k=4 \cdot (\ln 1,08+3,5)/0,92^2=11 \text{ см}^{-2};$$

р) Площадь проплавления, мм<sup>2</sup>:

$$F_{\text{пр}}=(h_p^1 \cdot (\pi/k)^{0,5}) \cdot 100-F_{\Delta}, \quad (1.17)$$

где  $h_p^1$  - приведённая глубина проплавления, см;

$k$  – коэффициент сосредоточенности дуги, см<sup>-2</sup>;

$F_{\Delta}$  - площадь разделки, мм<sup>2</sup>.

$$F_{\text{пр}}=((1,08 \cdot (\pi/11)^{-0,5}) \cdot 100-39 = 18,7 \text{ мм}^2.$$

### 1.5.1.3 Расчёт режима сварки второго прохода

Расчёт режима сварки второго прохода выполняется по уравнениям (1.3) – (1.17).

а) Высота сварного шва, мм:

$$H= -1+10=9 \text{ мм}.$$

б) Площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>:

$$F_H= -1 \cdot 0,735 \cdot 17+50+10=47,5 \text{ мм}^2.$$

в) Расчётная глубина проплавления, мм:

$$h_p=9-50/(0,735 \cdot 17)= 4,9 \text{ мм}.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата					Лист	
	Инв. № дубл.						29
	Взам. инв. №						
Подп. и дата							
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>		

г) Сварочный ток, А:

$$I_{св}=(80...100) \cdot 4,9 = (392...490) \text{ А.}$$

Принимают  $I_{св}=400 \text{ А.}$

д) Диаметр электрода назначается в зависимости от допустимой плотности тока [12],  $d_3 = 1,6 \text{ мм.}$

е) Напряжение дуги, В:

$$U_{д}=18+[(50 \cdot 10^{-3} \cdot 400)/(1,6)^{0,5}]\pm 1=33\pm 1 \text{ В}$$

Принимают  $U_{д}=32 \text{ В;}$

ж) Скорость сварки, м/ч:

$$V_{св}=(5...8) \cdot 10^3/400=12...20 \text{ м/ч;}$$

Принимают:  $V_{св}=12 \text{ м/ч.}$

з) Погонная энергия сварки, Дж/см:

$$q_{п}=400 \cdot 32 \cdot 0,7 \cdot 36/26=22100 \text{ Дж/см.}$$

и) Коэффициент глубины проплавления:

$$\varphi = 0,9(19-0,01 \cdot 400) \cdot (1,6 \cdot 32/400)=2,2.$$

к) Фактическая глубина проплавления, мм:

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>						Лист

$$h_p = 0,081 \cdot (22100/2,2)^{0,5} = 8,0 \text{ мм.}$$

При сварке в смеси с содержанием в углекислом газе около 80% аргона глубина проплавления снизится в 1,05[5]:

$$h_p = 8,0/1,05 = 7,6 \text{ мм (требуемая 7,4 мм).}$$

л) Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_n = [(400 \cdot (5+5) + 400^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20/0,07)/36]/(0,07 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 220 \text{ м/ч.}$$

м) Фактическая площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>

$$F_n = 7,1 \cdot 220 \cdot (1 - 0,05)/26 = 57 \text{ мм}^2.$$

н) Ширина сварного шва, мм:

$$e_1 = 2,2 \cdot 7,6 = 16,7 \text{ мм (требуемая 17 мм).}$$

о) Фактическая высота усиления, мм:

$$g = (57 - 70)/16,7 \cdot 0,735 = -1 \text{ мм (требуемая 1 мм).}$$

п) Коэффициент сосредоточенности дуги см<sup>-2</sup>:

$$k = 4 \cdot (\ln 1,32 + 3,5)/1,67^2 = 4,8 \text{ см}^{-2};$$

р) Площадь проплавления, мм<sup>2</sup>:

Инд. № подл.	Подп. и дата				Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.					

**ДП4403.04.117ПЗ**

$$F_{пр} = ((1,32 \cdot (\pi/4,8))^{-0,5}) \cdot 100 - 57 = 29 \text{ мм}^2.$$

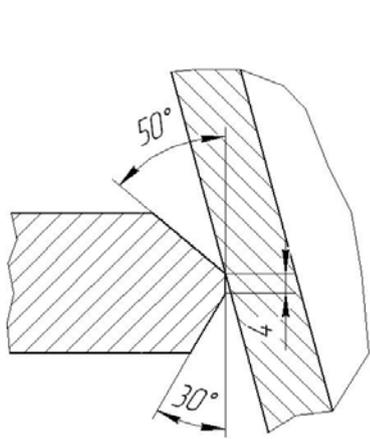
1.5.2 Расчёт параметров режима сварки и геометрических размеров сварного шва для сварного соединения косынки с трубой

1.5.2.1 Выбор типа сварного соединения

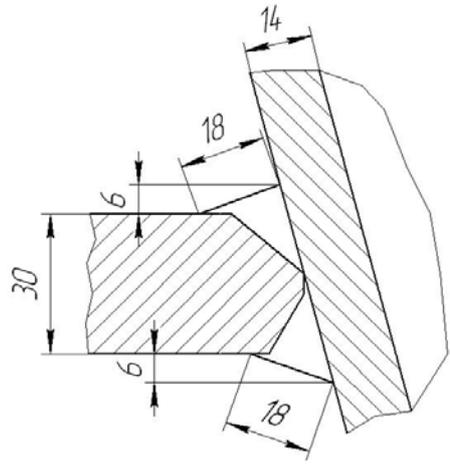
В соответствие со сборочным чертежом колонны буровой вышки (см. рисунок 1.2) и выбранным способом сварки плавящимся электродом в защитном газе назначен тип сварного соединения Т8 ГОСТ 23518-79 (рисунок 1.5), приняты размеры сварного шва и построена расчётная схема для применения методики [3, 12, 22]. Расчёт выполняется по уравнениям (1.3) – (1.17).

Из рисунка 1.5 видно, что двустороннее сварное соединение выполнено за три прохода с каждой стороны; геометрические размеры сварных швов для обеих сторон одинаковые.

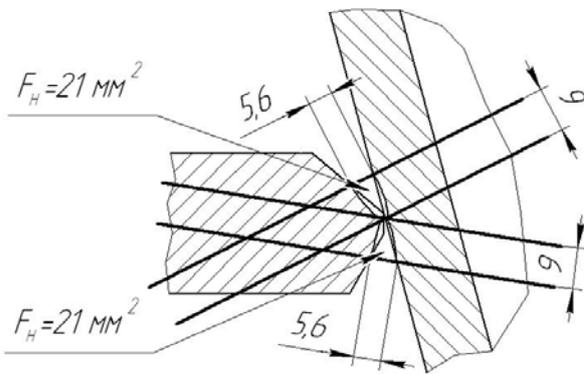
Инв. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Лист
	Взам. инв. №						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>		32



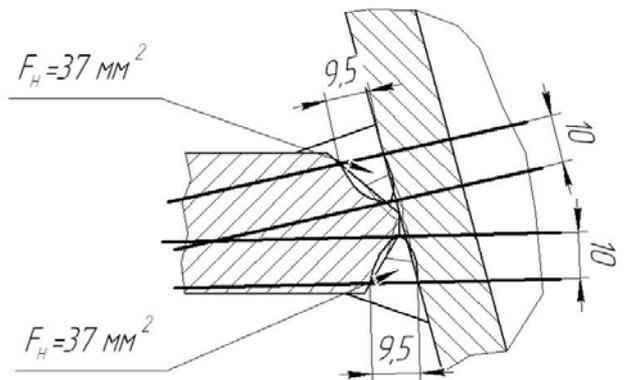
параметры сборки



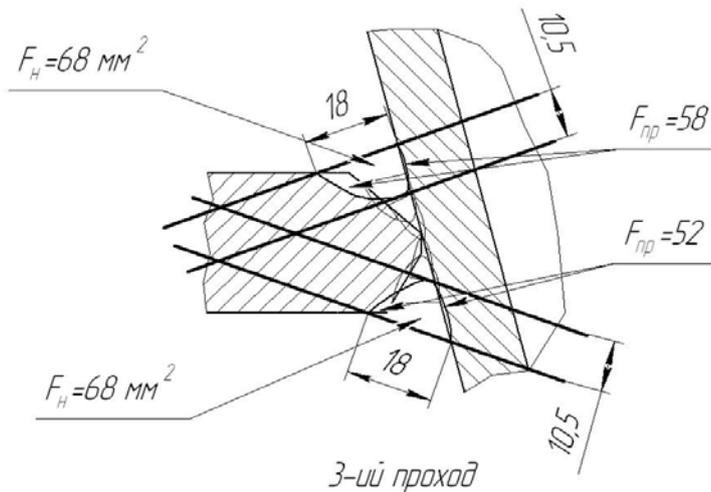
контролируемые параметры сварного шва



1-ый проход



2-ой проход



3-ий проход

Рисунок 1.5 – Эскиз сварного соединения Т8 ГОСТ 23518-79

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

### 1.5.2.2 Расчёт режима сварки первого прохода

а) Высота сварного шва, мм:

$$H=0+9=9 \text{ мм.}$$

б) Площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>:

$$F_H=0,5 \cdot 6 \cdot 0,735 + 21 = 21 \text{ мм}^2.$$

в) Расчётная глубина проплавления, мм:

$$h_p=9-21/(0,735 \cdot 5,6)=2,9 \text{ мм.}$$

г) Сварочный ток, А:

$$I_{св}=(80...100) \cdot h_p=(80...100) \cdot 3,9 = (232...290) \text{ А};$$

Принимают  $I_{св}=240 \text{ А}$ .

д) Диаметр электрода назначается в зависимости от допустимой плотности тока [12],  $d_3 = 1,6 \text{ мм}$ .

е) Напряжение дуги, В:

$$U_d=18+[(50 \cdot 10^{-3} \cdot 240)/(1,6)^{0,5}] \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В}$$

Принимают  $U_d=26 \text{ В}$ ;

ж) Скорость сварки, м/ч:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
												34

$$V_{св}=(5...8) \cdot 10^3/315=15...25 \text{ м/ч};$$

Принимают:  $V_{св}=15 \text{ м/ч}$ .

з) Погонная энергия сварки, Дж/см:

$$q_n=240 \cdot 26 \cdot 0,7 \cdot 36/33=4760 \text{ Дж/см}.$$

и) Коэффициент глубины проплавления:

$$\varphi = 0,9(19-0,01 \cdot 315) \cdot (1,6 \cdot 26/315)=1,8$$

к) Фактическая глубина проплавления, мм:

$$h_p=0,081 \cdot (q_n/\varphi)^{0,5}$$

где  $q_n$  – погонная энергия сварки, Дж/см;  
 $\varphi$  - коэффициент глубины проплавления.

$$h_p=0,081 \cdot (4760/1,8)^{0,5}=4,1 \text{ мм}.$$

При сварке в смеси с содержанием в углекислом газе около 80% аргона глубина проплавления снизится в 1,05 [5]:

$$h_p=4,1/1,05=3,9 \text{ мм (требуемая 3,9 мм)}.$$

л) Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_n=[(315 \cdot (5+5)+315^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20/0,01)/36]/(0,01 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 670 \text{ м/ч}.$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**

м) Фактическая площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>

$$F_n = 1,1 \cdot 670 \cdot (1 - 0,05) / 33 = 21 \text{ мм}^2.$$

н) Ширина сварного шва, мм:

$$e_1 = 1,8 \cdot 3,9 = 7 \text{ мм (требуемая 5,6 мм)}.$$

о) Фактическая высота усиления, мм:

$$g = (21 - 21) / 7 \cdot 0,735 = 0 \text{ мм (требуемая 0 мм)}.$$

п) Коэффициент сосредоточенности дуги см<sup>-2</sup>:

$$k = 4 \cdot (\ln 0,9 + 3,5) / 0,7^2 = 20,6 \text{ см}^{-2};$$

р) Площадь проплавления, мм<sup>2</sup>:

$$F_{пр} = ((0,9 \cdot (\pi / 20,6))^{-0,5}) \cdot 100 - 21 = 14 \text{ мм}^2.$$

### 1.5.2.3 Расчёт режима сварки второго прохода

Расчёт режима сварки второго прохода выполняется по уравнениям (1.3) – (1.17).

а) Высота сварного шва, мм:

$$H = 0 + 10 = 10 \text{ мм}.$$

б) Площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>:

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
											36

$$F_H = 0 \cdot 0,735 \cdot 9,5 + 37 = 37 \text{ мм}^2.$$

в) Расчётная глубина проплавления, мм:

$$h_p = 10 - 37 / (0,735 \cdot 8,2) = 4,7 \text{ мм}.$$

г) Сварочный ток, А:

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot 4,7 = (376 \dots 470) \text{ А}$$

Принимают  $I_{св} = 370 \text{ А}$ .

д) Диаметр электрода назначается в зависимости от допустимой плотности тока [12],  $d_3 = 1,6 \text{ мм}$ .

е) Напряжение дуги, В:

$$U_d = 18 + [(50 \cdot 10^{-3} \cdot 370) / (1,6)^{0,5}] \pm 1 = 32 \pm 1 \text{ В}$$

Принимают  $U_d = 31 \text{ В}$ ;

ж) Скорость сварки, м/ч:

$$V_{св} = (5 \dots 8) \cdot 10^3 / 380 = 13 \dots 21 \text{ м/ч}.$$

Принимают:  $V_{св} = 13 \text{ м/ч}$ .

з) Погонная энергия сварки, Дж/см:

$$q_n = 370 \cdot 32 \cdot 0,7 \cdot 36 / 32 = 9570 \text{ Дж/см}.$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>						Лист

и) Коэффициент глубины проплавления:

$$\varphi = 0,9(19-0,01 \cdot 370) \cdot (1,6 \cdot 32/370) = 2.$$

к) Фактическая глубина проплавления, мм:

$$h_p = 0,081 \cdot (9570/2)^{0,5} = 5,2 \text{ мм.}$$

При сварке в смеси с содержанием в углекислом газе около 80% аргона глубина проплавления снизится в 1,05 [5, 22]:

$$h_p = 5,2/1,05 = 4,9 \text{ мм (требуемая 4,7 мм).}$$

л) Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_n = [(370 \cdot (5+5) + 370^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20/0,03)/36]/(0,03 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 360 \text{ м/ч.}$$

м) Фактическая площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>

$$F_n = 3,1 \cdot 370 \cdot (1 - 0,05)/32 = 35 \text{ мм}^2.$$

н) Ширина сварного шва, мм:

$$e_1 = 2 \cdot 4,9 = 9,8 \text{ мм (требуемая 9,5 мм).}$$

о) Фактическая высота усиления, мм:

$$g = (35 - 37)/9,8 \cdot 0,735 = -0,2 \text{ мм (требуемая 0 мм).}$$

п) Коэффициент сосредоточенности дуги см<sup>-2</sup>:

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	Инов. № подл.	Лист
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>						Лист

$$k=4 \cdot (\ln 1,02+3,5)/0,98^2=10,4 \text{ см}^{-2};$$

р) Площадь проплавления, мм<sup>2</sup>:

$$F_{\text{пр}}=((1,02 \cdot (\pi/10,4)^{-0,5}) \cdot 100-37 = 22 \text{ мм}^2.$$

#### 1.5.2.4 Расчёт режима сварки третьего прохода

Расчёт режима сварки третьего прохода выполняется по уравнениям (1.3) – (1.17).

а) Высота сварного шва, мм:

$$H = -1 + 10,5 = 9,5 \text{ мм.}$$

б) Площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>:

$$F_{\text{н}} = -1 \cdot 0,735 \cdot 18 + 68 = 54,7 \text{ мм}^2.$$

в) Расчётная глубина проплавления, мм:

$$h_{\text{р}} = 9,5 - 54,7 / (0,735 \cdot 9,5) = 5,4 \text{ мм.}$$

г) Сварочный ток, А:

$$I_{\text{св}} = (80 \dots 100) \cdot 5,4 = (430 \dots 540) \text{ А.}$$

Принимают  $I_{\text{св}} = 420 \text{ А.}$

Инд. № подл.	Подп. и дата				Лист	
	Инд. № дубл.					39
	Взам. инв. №					
	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	

д) Диаметр электрода назначается в зависимости от допустимой плотности тока [12],  $d_3 = 1,6$  мм.

е) Напряжение дуги, В:

$$U_d = 18 + [(50 \cdot 10^{-3} \cdot 420) / (1,6)^{0,5}] \pm 1 = 34 \pm 1 \text{ В}$$

Принимают  $U_d = 33$  В;

ж) Скорость сварки, м/ч:

$$V_{cb} = (5 \dots 8) \cdot 10^3 / 420 = 11 \dots 19 \text{ м/ч.}$$

Принимают:  $V_{cb} = 11$  м/ч.

з) Погонная энергия сварки, Дж/см:

$$q_n = 420 \cdot 36 \cdot 0,7 \cdot 36 / 27 = 16130 \text{ Дж/см.}$$

и) Коэффициент глубины проплавления:

$$\varphi = 0,9(19 - 0,01 \cdot 420) \cdot (1,6 \cdot 36 / 420) = 3,0.$$

к) Фактическая глубина проплавления, мм:

$$h_p = 0,081 \cdot (16130 / 3)^{0,5} = 5,8 \text{ мм.}$$

При сварке в смеси с содержанием в углекислом газе около 80% аргона глубина проплавления снизится в 1,05 [5]:

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.					Лист
						Изм	Лист	№ докум.	Подп.	

$$h_p = 5,8/1,05 = 5,6 \text{ мм (требуемая 5,4 мм)}.$$

л) Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_n = [(420 \cdot (5+5) + 420^2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20/0,07)/36]/(0,07 \cdot 7,85 \cdot 1700) \approx 210 \text{ м/ч}.$$

м) Фактическая площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>

$$F_n = 7,1 \cdot 210 \cdot (1 - 0,05)/27 = 52,5 \text{ мм}^2.$$

н) Ширина сварного шва, мм:

$$e_1 = 3 \cdot 5,6 = 16,8 \text{ мм (требуемая 18 мм)}.$$

о) Фактическая высота усиления, мм:

$$g = (52,5 - 68)/16,8 \cdot 0,735 = -1,2 \text{ мм (требуемая 1,0 мм)}.$$

п) Коэффициент сосредоточенности дуги см<sup>-2</sup>:

$$k = 4 \cdot (\ln 1,07 + 3,5)/1,68^2 = 5,4 \text{ см}^{-2};$$

р) Площадь проплавления, мм<sup>2</sup>:

$$F_{пр} = ((1,07 \cdot (\pi/5,4))^{-0,5}) \cdot 100 - 68 = 13,6 \text{ мм}^2.$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>						41

1.6 Для сварки используем автоматическую, а для сборки полуавтоматическую сварку

Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа - наиболее универсальный и распространенный в промышленности метод сварки.

На предприятии (Уралмашзавод) в последнее время используется полуавтоматическая сварка. В данном проекте предлагается использовать автоматическую сварку в смеси защитных газов Gorgon 20.

Схема полуавтоматической сварки показана на рисунке 1.6

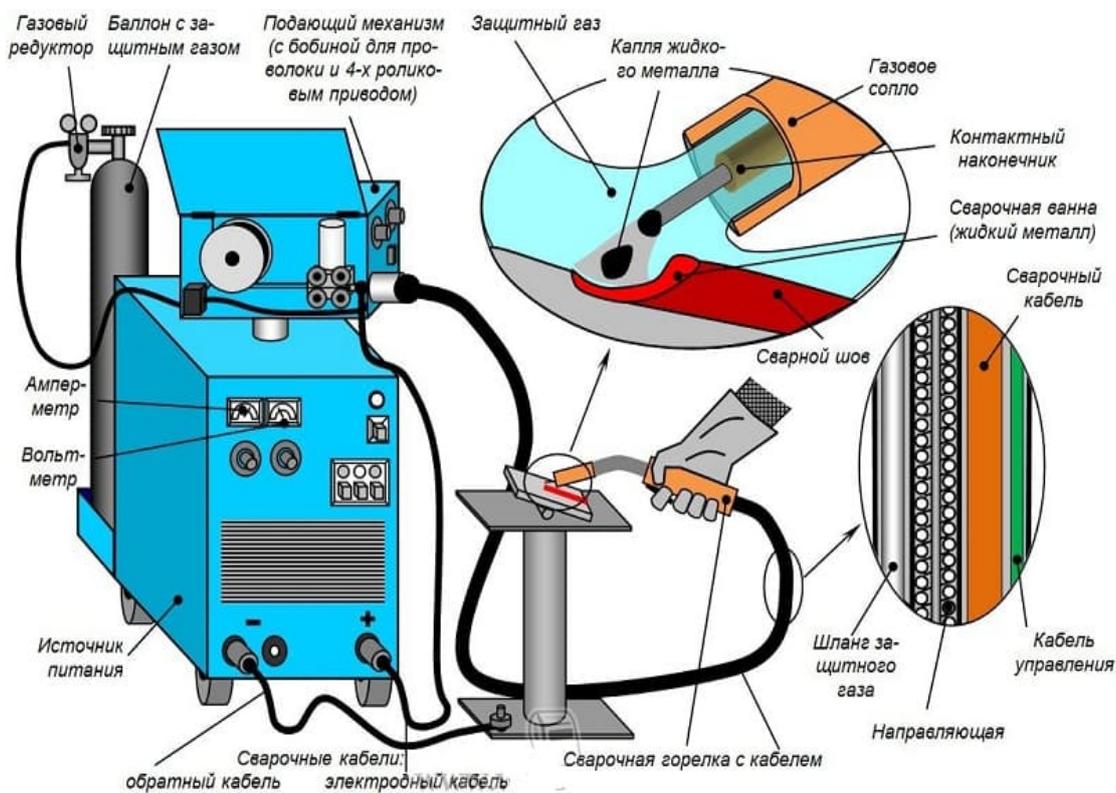


Рисунок 1.6 – Полуавтоматическая сварка

Применение термина «полуавтоматическая» не вполне корректно, поскольку речь идет об автоматизации только подачи присадочной проволоки, а сам метод MIG/MAG с успехом применяется при автоматизированной роботизированной сварке. В качестве защитного газа при этом методе все чаще используются многокомпонентные газовые смеси,

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП4403.04.117ПЗ

в состав которых помимо углекислого газа могут входить аргон, кислород, гелий, азот и другие газы.

Основной принцип сварки MIG-MAG заключается в том, что металлическая проволока во время сварки подается автоматически в зону сварки через сварочную горелку и расплавляется теплом дуги. Проволока при этом методе играет двойную роль – она является и токопроводящим электродом, и служит присадочным материалом. Качество сварки MIG-MAG в значительной мере зависит от правильности выбора режимов работы сварочного аппарата (напряжение дуги, ток, скорость подачи проволоки, скорость сварки), а также от правильности выбора и расхода защитного газа (скорость подачи газа через сопло).

Защитный газ, который подается в зону сварки через газовое сопло, защищает дугу и сварочную ванну с расплавленным металлом.

Металл в расплавленном состоянии химически активен и может взаимодействовать с защитным газом. Инертный защитный газ, такой как аргон или гелий, химически не реагирует с металлом в сварочной ванне в процессе горения дуги. Примером активных защитных газов являются углекислота и смеси аргона (реже гелия) с небольшими добавками углекислоты или кислорода. До недавнего времени углекислота являлась наиболее распространенным видом защитного газа для полуавтоматической сварки.

При сварке плавящимся электродом шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления дополнительного металла электродной проволоки. Поэтому форма и размеры шва помимо прочего зависят также от характера расплавления и переноса электродного металла в сварочную ванну. Характер переноса электродного металла определяется в основном материалом электрода, составом защитного газа, плотностью сварочного тока и рядом других факторов.[7, 11].

Для улучшения технологических свойств дуги применяют периодическое изменение ее мгновенной мощности – импульсно-дуговая

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						43

сварка. Теплота, выделяемая основной дугой, недостаточна для плавления электродной проволоки со скоростью, равной скорости ее подачи.

Вследствие этого длина дугового промежутка уменьшается. Под действием импульса тока происходит ускоренное расплавление электрода, обеспечивающее формирование капли на его конце. Резкое увеличение электродинамических сил сужает шейку капли и сбрасывает ее в направлении сварочной ванны в любом пространственном положении.

Так же в последнее время получили широкое распространение синергетические полуавтоматические источники сварочного тока, отличительной особенностью которых является простота настройки и эксплуатации. При введении некоторых параметров например тип материала или толщина остальные сварочные параметры задаются автоматически. Это позволяет экономить время при настройке, а так же для эксплуатации аппаратов данного типа не требуется высокая квалификация сварщика. [7]

Инд. № подл.	Подп. и дата		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
	Взам. инв. №					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	

## 1.7 Базовая технология производства колонны буровой вышки

Описание базовой технологии изготовления колонны буровой вышки выполнено из общего анализа производства (подготовительные работы) и по действующей операционно-технологической карте на сборку и сварку (сборочно-сварочные работы).

### 1) Входной контроль

Контролировать наличие и соответствие сертификационных документов на партию металла для изготовления колонн буровых вышек:

- а) круг (В1-III-270 ГОСТ 2590-2006/390-10ХСНД-13 ГОСТ 19281-89);
- б) лист (ПН-30 ГОСТ 19903-74/315-09Г2С-13 ГОСТ 19281-89);
- в) труба (245×14 ТС 28-95/09Г2С ГОСТ 19281-89);

### 2) Резка

а) выполнить резку газо-кислородную заготовок косынок соединительных из листа; резку выполнять по чертежам с припуском на механическую обработку 2...4 мм на сторону;

б) выполнить резку газо-кислородную заготовок трубы; длина заготовки трубы 5965 мм с учётом припуска на механическую обработку;

в) выполнить резку ленточной пилой заготовок проушин; длины заготовок проушин 475 мм с учётом припуска на механическую обработку;

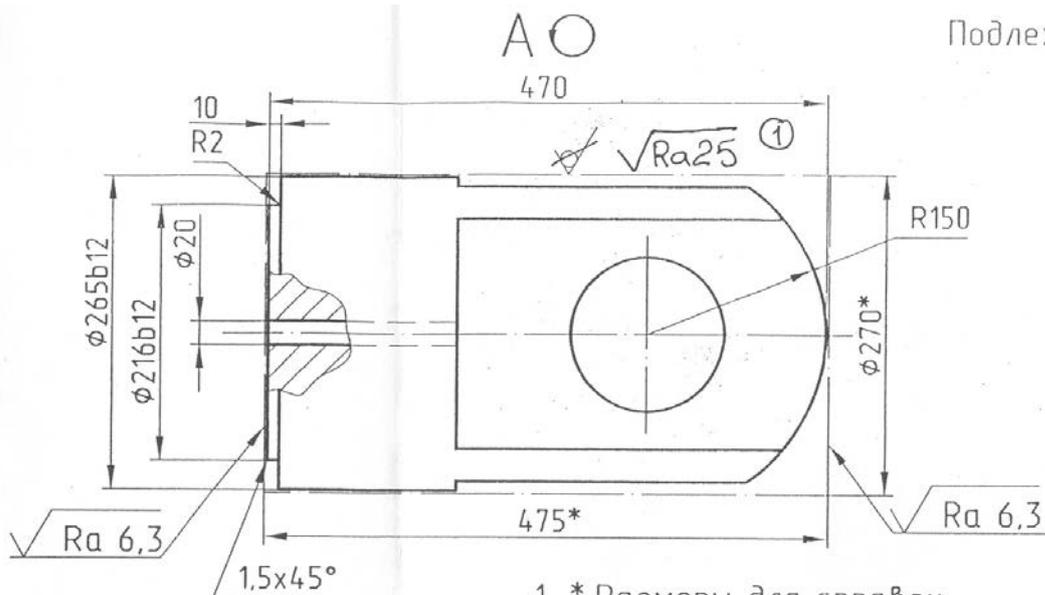
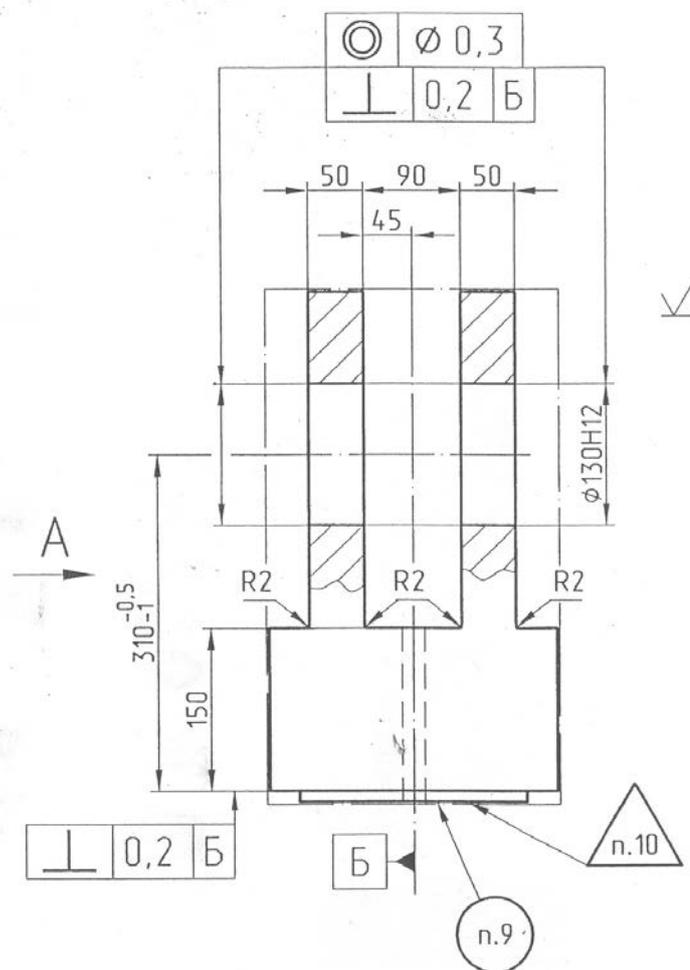
### 3) Механическая обработка

Выполнить механическую обработку заготовок колонны, обеспечивая получение требуемых геометрических размеров (рисунки 1.7 – 1.10).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>					45

4) Слесарная операция

Зачистить кромки под сварку до металлического блеска.



1. \* Размеры для справок.

Рисунок 1.7 – Эскиз нижней проушины

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

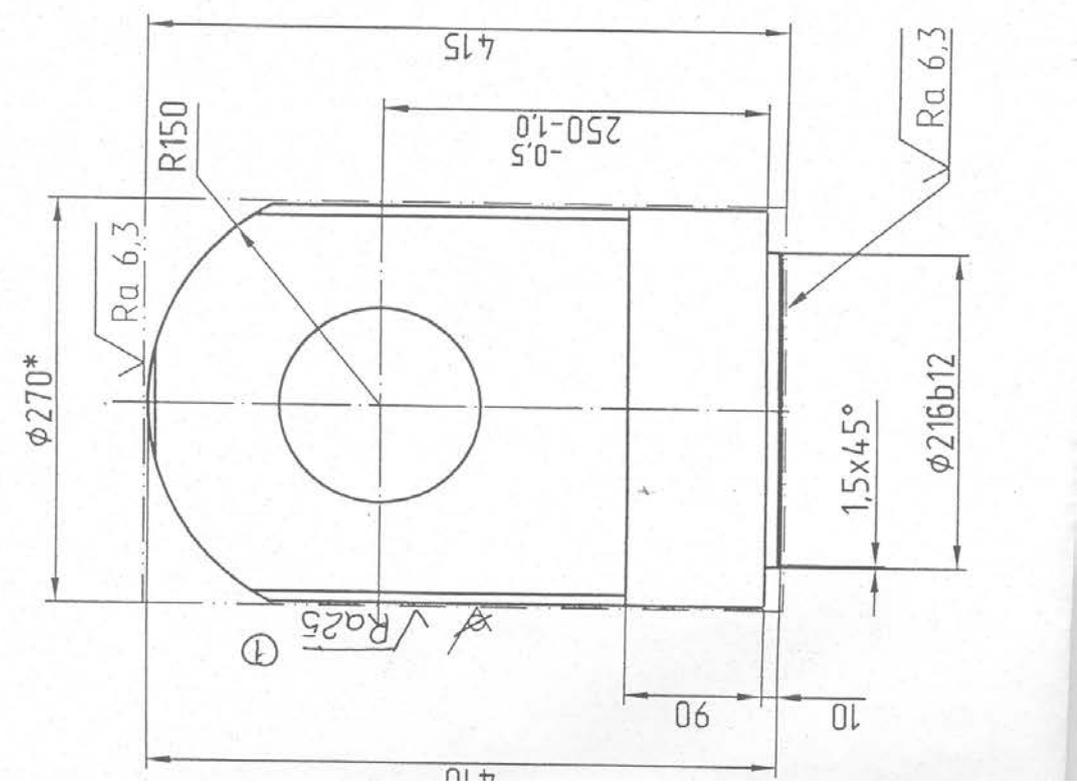
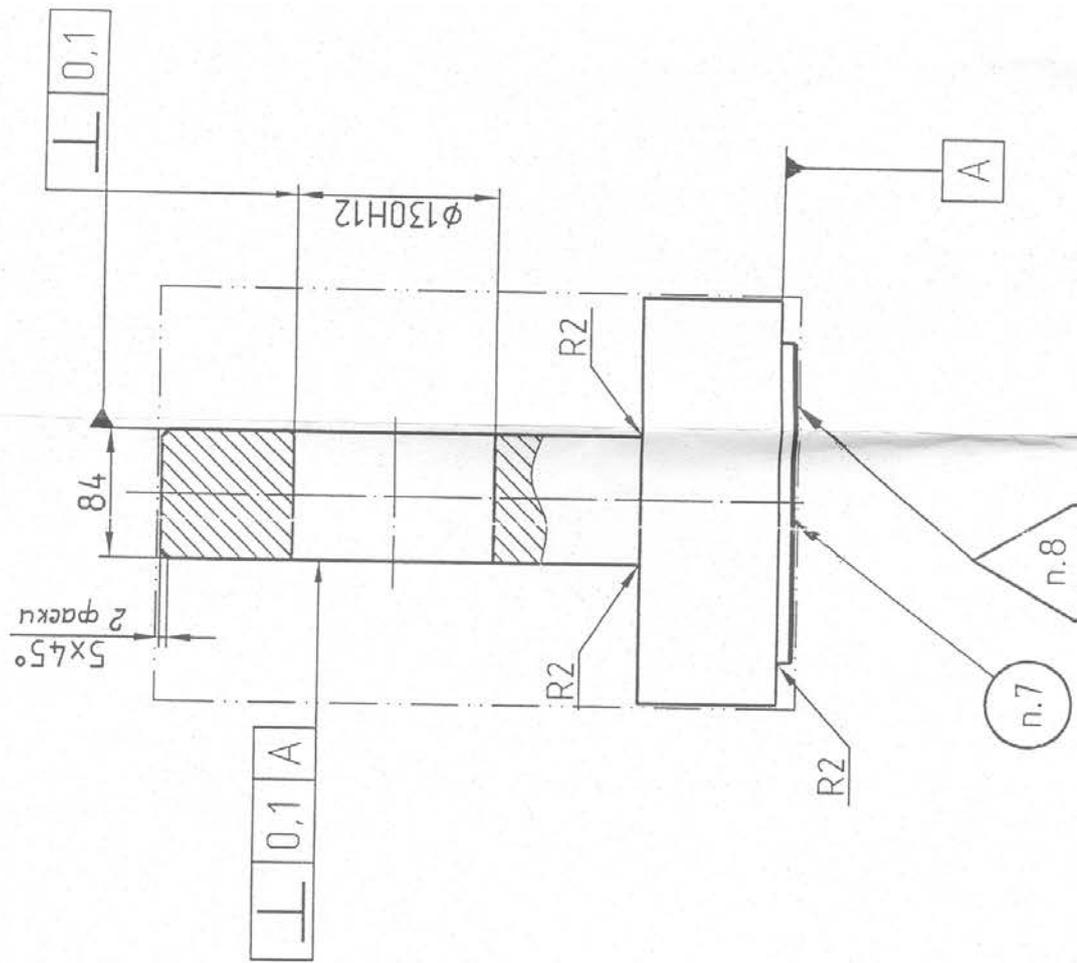
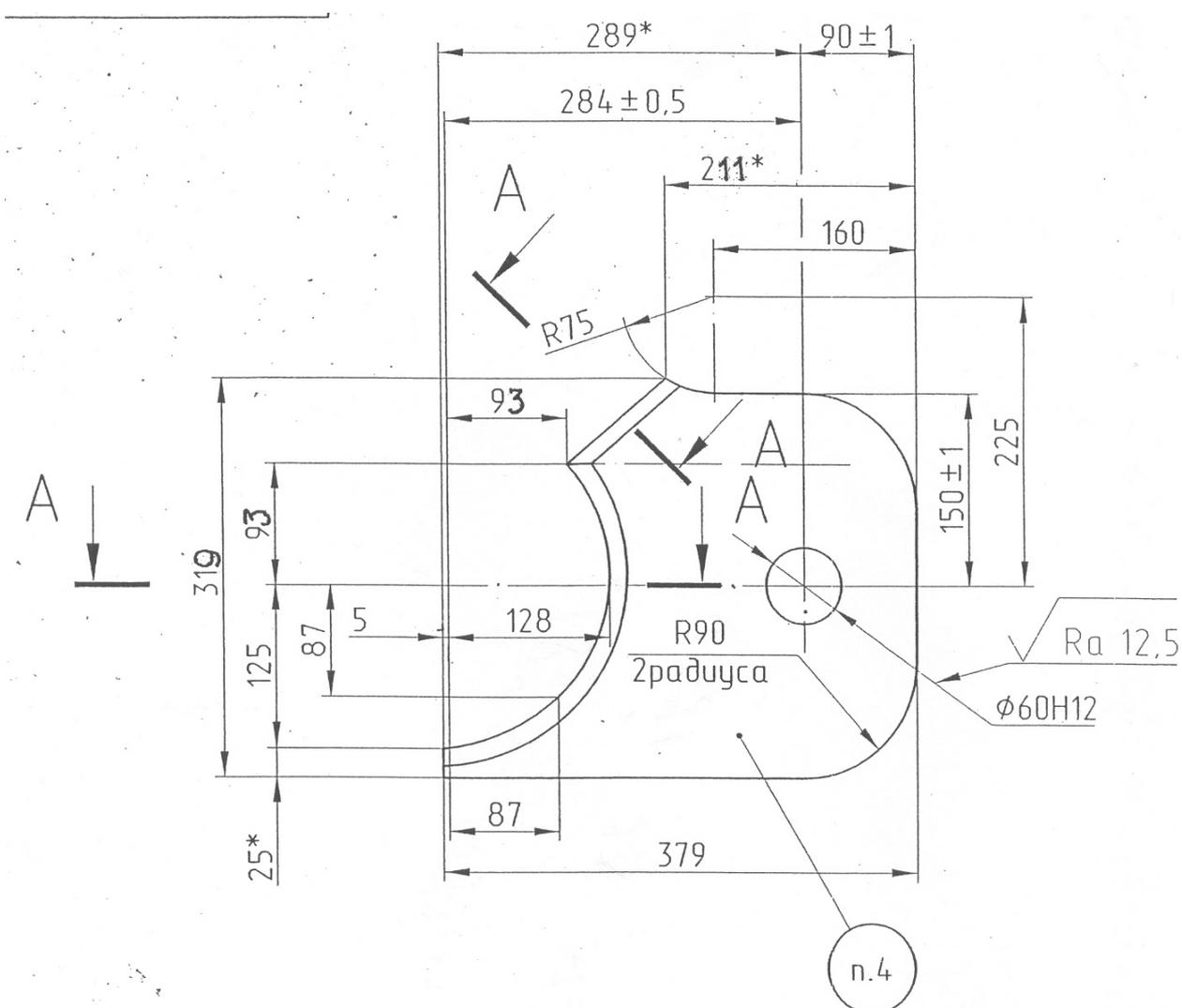


Рисунок 1.8 – Эскиз верхней проушины

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**



п.4

A-A (1:2)

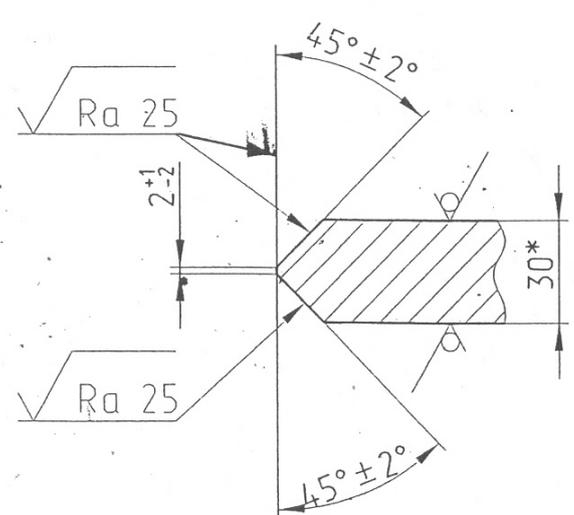


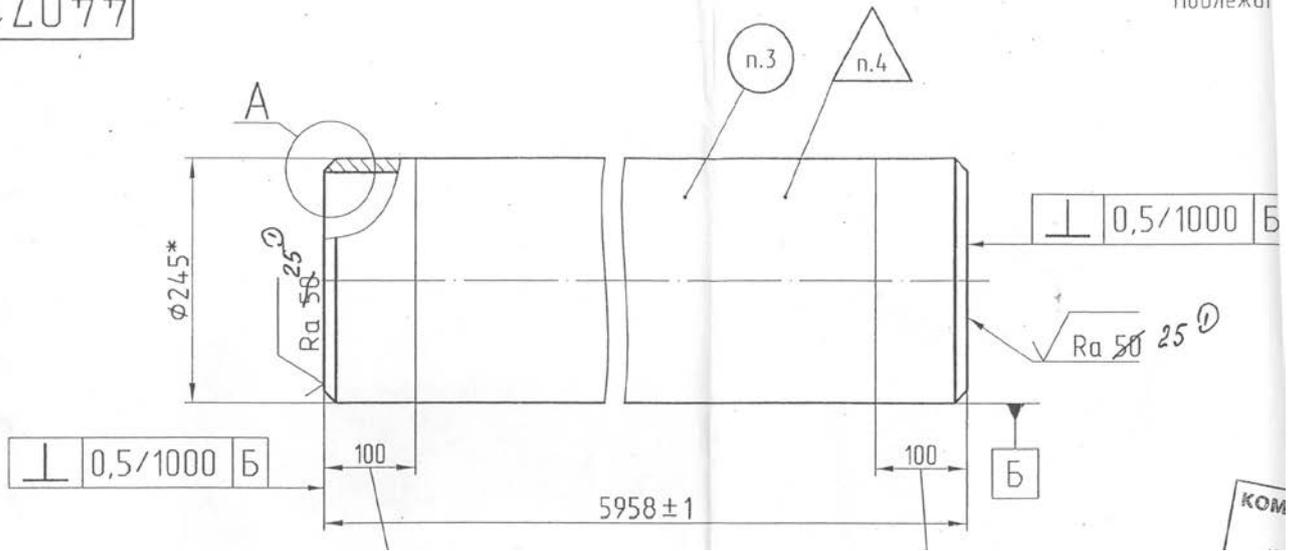
Рисунок 1.9 – Эскиз косынки

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

12077

ПОДЛЕЖИТ



A (1:1) 2 фаски

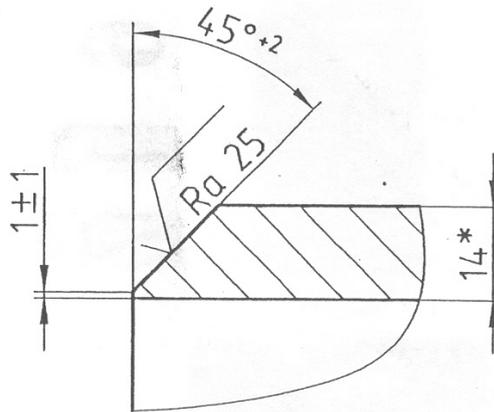


Рисунок 1.10 – Эскиз трубы

### 5) Сборка

Собрать трубу с косынками и проушинами колонны буровой вышки по сборочному чертежу на сборочном стенде. Параметры сборки указаны на рисунке 1.11. Сборку зафиксировать прихватками. Прихватки выполнять сварочной проволокой Св-08Г2С  $\phi 1,2$  мм в смеси Gorgon 20 (20% углекислого газа и 80 % аргона) поставляемой по ТУ 2114-004-00204760-99. Длина прихватки 30...35 мм, расстояние между прихватками 100...130 мм,

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инвар. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инвар. № дубл.	Подп. и дата
Инвар. № подл.	Подп. и дата			

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

49

катет 3 мм. Режим простановки прихваток: сварочный ток 180-220 А, напряжение на дуге 22-25 В.

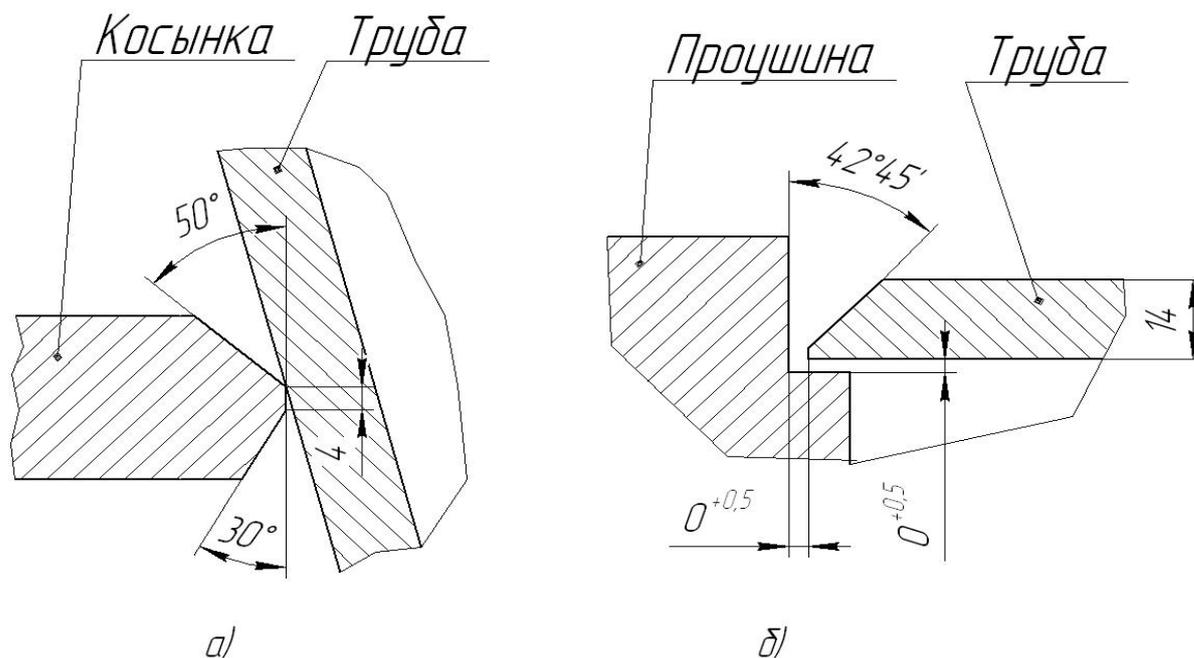


Рисунок 1.11 – Параметры сборки

6) Слесарная операция

Зачистить сварные швы (прихватки).

7) Сварка

Сварное соединение трубы с проушинами – нестандартное, параметры разделки кромок трубы смотри на рисунке 6. Сварное соединение трубы с косынками – Т8 ГОСТ 23518-79, параметры разделки косынок смотри на рисунке 1.9. Параметры режима сварки указаны в таблице 1.5 (данные ПАО «Уалмашзавод»). Сварку выполнять сварочной проволокой ОК-AristoRod-12.50 Ø1,2 мм в смеси Gorgon 20 (20% углекислого газа и 80 % аргона) поставляемой по ТУ 2114-004-00204760-99.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

50

Таблица 1.5 – Основные параметры режима сварки [11]

Тип сварного соединения по ГОСТ 23518-79	Толщина металла под разделку, мм	Количество проходов	Параметры режима сварки	
			Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А
нестандартное	14,0	1	22-25	260-280
		2	30-33	280-320
Т8	30,0 двусторонняя разделка	1	22-25	260-280
		2	30-33	280-320
		2	33-35	310-320

8) Слесарная операция

Зачистить сварные швы.

9) Контроль

а) После каждой операции технологическими инструкциями предусмотрен пооперационный контроль;

б) Визуальному и измерительному контролю подлежат все сварные соединения;

в) Сварные соединения трубы с проушинами подлежат ультразвуковому контролю; объём контроля 100% длины сварных швов, подлежат контролю все колонны.

Для выполнения прихваток применяется сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм; для сварки применяется сварочная проволока ОК-AristoRod-12.50 диаметром 1,2 мм. Химический состав сварочных проволок приведён в таблице 1.6: Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, AristoRod-12.50 по сертификату.

Прихватки и сварку выполняют в защитном газе – смеси Gorgon 20 (20% углекислого газа и 80 % аргона) поставляемой по ТУ 2114-004-00204760-99.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №
------	------	----------	-------	------	--------------	--------------	--------------	--------------

**ДП4403.04.117ПЗ**

*Вывод.*

Технология сварки позволяет получить качественные сварные соединения. Порядок сборки, режимы сварки и техника выполнения сварки позволяют получать сварные конструкции с допустимыми значениями сварочных деформаций.

Протяжённые сварные соединения многопроходных кольцевых швов трубы с проушинами и швов по незамкнутому контуру трубы создают предпосылки к механизации процесса сварки.

Таблица 1.6 – Химический состав сварочных проволок [6]

Марка	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti+Zr
Св-08Г2С	до 0,12	0.50-0.80	1,30-1,70	до 0,30	до 0,04	до 0,035	до 0,30	до 0,30	--
OK-AristoRod-12.50	до 0,08	0.85	1,45	0,04	0,008	0,012	0,04	0,03	0,01

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подп. и дата	
Инов. № подл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**

## 1.8 Проектная технология производства колонны буровой вышки

### 1.8.1 Входной контроль

Контролировать наличие и соответствие сертификационных документов на партию металла для изготовления колонн буровых вышек:

- а) круг (В1-III-270 ГОСТ 2590-2006/390-10ХСНД-13 ГОСТ 19281-89);
- б) лист (ПН-30 ГОСТ 19903-74/315-09Г2С-13 ГОСТ 19281-89);
- в) лист (ПН-10 ГОСТ 19903-74/315-09Г2С-13 ГОСТ 19281-89);
- г) труба (245×14 ТС 28-95/09Г2С ГОСТ 19281-89).

### 1.8.2 Резка:

а) выполнить газо-кислородную резку заготовок косынок соединительных из листа (ПН-30 ГОСТ 19903-74/315-09Г2С-13 ГОСТ 19281-89); резку выполнять по чертежам с припуском на механическую обработку 2...4 мм на сторону;

б) выполнить газо-кислородную резку заготовок элемента крепления штанги из листа (ПН-10 ГОСТ 19903-74/315-09Г2С-13 ГОСТ 19281-89); резку выполнять по чертежам с припуском на механическую обработку 2...4 мм на сторону;

в) выполнить резку ленточной пилой заготовки трубы из трубы (245×14 ТС 28-95/09Г2С ГОСТ 19281-89); длина заготовки трубы 5965 мм с учётом припуска на механическую обработку;

г) выполнить резку ленточной пилой заготовок проушин из круга (В1-III-270 ГОСТ 2590-2006/390-10ХСНД-13 ГОСТ 19281-89); длины заготовок проушин 475 мм с учётом припуска на механическую обработку;

Оборудование и инструмент: оборудование для газо-кислородной резки листового проката Резак РЗА-31 трехтрубный; станок для резки

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	Инов. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
												53

ленточной пилой 400 В JET HBS-1820AF 50000480T ; контрольно-измерительный инструмент.

### 1.8.3 Контроль

Контролировать геометрические размеры и качество реза заготовок:

Отклонение от перпендикулярности заготовок листового проката не должно превышать 5°;

Шероховатость кромок R =100 мкм.

### 1.8.4 Механическая обработка

Выполнить механическую обработку заготовок колонны буровой вышки, обеспечивая получение требуемых геометрических размеров в соответствие с чертежами деталей.

### 1.8.5 Контроль

Контролировать геометрические размеры и качество обработки кромок деталей колонны буровой вышки в соответствие с чертежами деталей

Контролировать качество зачистки кромок под сварку; на деталях не допускается наличие ржавчины, окалины; кромки под сварку и поверхность трубы в местах выполнения сварки должны быть зачищены до металлического блеска.

### 1.8.6 Слесарная операция

Зачистить кромки под сварку и поверхность трубы в местах выполнения сварки до металлического блеска.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**



Контролировать качество сборки колонны буровой вышки, контрольно измерительным инструментом.

### 1.8.11 Сварка

1) Выполнить сварку первого прохода трубы с проушинами; сварное соединение нестандартное (рисунок 1.4); сварку выполнять на режиме в соответствии с таблицей 1.7.

2) Выполнить сварку первого и второго проходов трубы с косынками; сварное соединение Т8 ГОСТ 23518-79 (рисунок 1.5); сварку выполнять на режиме в соответствии с таблицей 1.8.

3) Выполнить сварку второго прохода трубы с проушинами; сварное соединение нестандартное (рисунок 1.4); сварку выполнять на режиме в соответствии с таблицей 1.7.

4) Выполнить сварку третьего прохода трубы с косынками; сварное соединение Т8 ГОСТ 23518-79 (рисунок 1.5); сварку выполнять на режиме в соответствии с таблицей 1.8.

Таблица 1.7 – Параметры режимов сварки

Параметр режима сварки	Сварка трубы с проушинами	
	Первый проход	Второй проход
Сварочный ток, А	340	400
Напряжение дуги, В	29	32
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6	1,6
Вылет электрода, мм	20	20
Скорость сварки, м/ч	14	12
Расход защитного газа	19	19

### 1.8.12 Слесарная операция

Зачистить сварные швы от брызг металла, сварочного аэрозоля.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**

Инструмент: Угловая пневмошлифмашина SUMAKE ST-P7737, абразивный зачистной диск, металлическая щетка дисковая.

Таблица 1.8 – Параметры режимов сварки

Параметр режима сварки	Сварка трубы с косынками		
	Первый проход	Второй проход	Третий проход
Сварочный ток, А	240	370	420
Напряжение дуги, В	26	31	33
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6	1,6	1,6
Вылет электрода, мм	20	20	20
Скорость сварки, м/ч	15	13	11
Расход защитного газа	19	19	19

### 1.8.13 Контроль

Контролировать качество выполнения сварных швов.

Недопустимы: скопление пор (более 3 шт. на 100мм), трещины, подрезы, наплывы.

Контролировать геометрические размеры колонны буровой вышки по сборочному чертежу.

Провести ультразвуковой контроль (УЗК).

Контроль осуществлять Ультразвуковым дефектоскопом Krautkramer USM 36.

При удовлетворительных результатах контроля УЗК, назначить радиографический метод контроля.

Объем контроля: 100% длины всех сварных соединений; контролировать одно изделие из десяти (10%)

### 1.8.14 Технологическая таблица по изготовлению колонны буровой вышки

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						57

Краткое содержание всех технологических операций указано в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Технология изготовления колонны буровой вышки.

№ п/п	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Входной контроль	Проверка соответствия сертификационных документов на партию металла	Круг 10ХСНД ГОСТ 19281-89 Лист 09Г2С ГОСТ 19281-89 Труба 09Г2С ГОСТ 19281-89
2	Резка	Резка заготовок с учетом припуска на механическую обработку	Ленточнопильный станок по металлу 400 В JET HBS-1820AF 50000480T. Резак РЗА-31 трехтрубный
3	Механическая обработка	Обработка заготовок колонны буровой вышки в соответствии с чертежами	Токарнофрезерный станок
4	Контроль	Контроль геометрических размеров и качество обработки кромок деталей	Визуально и контрольно измерительными приборами
1	2	3	4
5	Сборка	Сборка трубы с косынками и проушинами на прихватки.	Сварочный полуавтомат EWM Phoenix 521, проволока Св08Г2С, $U_d=22-25$ , $d_3 = 1,2$ мм., $I_{св}=260-280A$ . $l_{эл} = 2$ мм. $l_{пр}=30-35$ мм. $k=3$ мм. $S_{пр}=100-130$ мм. Защитный газ Gorgon 20, $g_{газа}=19л/мин$ .
6	Зачистка	Зачистить сварные швы от брызг металла, сварочного аэрозоля.	Угловая пневмошлифмашина SUMAKE ST-P7737, абразивный зачисной диск, металлическая щетка дисковая.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

58

7	Сварка	<p>1) Выполнить сварку первого прохода трубы с проушинами; сварное соединение нестандартное; сварку выполнять на режиме в соответствии с расчетам.</p> <p>2) Выполнить сварку первого и второго проходов трубы с косынками; сварное соединение Т7 ГОСТ 23518-79; сварку выполнять на режиме в соответствии с расчетам.</p> <p>3) Выполнить сварку второго прохода трубы с проушинами; сварное соединение нестандартное; сварку выполнять на режиме в соответствии с расчетам.</p> <p>4) Выполнить сварку третьего прохода трубы с косынками; сварное соединение Т7 ГОСТ 23518-79; сварку выполнять на режиме в соответствии с расчетам.</p>	<p>Сварочная головка A2 S GMAW Mini Master, источник питания ESAB LAF 631, проволока AristoRod-12.50, <math>d_s = 1,6</math> мм., <math>I_{св}=240-420</math> А., <math>I_{эл}= 2</math> мм., <math>U_d= 11-15</math>, <math>V_{св}=26-33</math> м/ч., Защитный газ Gorgon 20, <math>g_{газа}=19</math>л/мин.</p>
8	Зачистка	<p>Зачистить сварные швы от брызг металла, сварочного аэрозоля</p>	<p>Угловая пневмошлифмашина SUMAKE ST-P7737, абразивный зачисной диск, металлическая щетка дисковая.</p>
9	Контроль	<p>Контроль качества выполнения сварных швов. Контроль геометрических размеров по сборочному чертежу</p>	<p>УШС – Универсальный шаблон сварщика. УЗК - Ультразвуковой дефектоскоп Krautkramer USM 36.</p>

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

59

## 1.9 Установка для сборки и сварки колонны буровой вышки

### 1.9.1 Состав и назначение установки

Для сборки и сварки колоны буровой вышки спроектирована установка (чертёж), в состав которой входят:

- направляющая;
- аппарат сварочный A2 S GMAW Mini Master;
- Источник питания ESAB LAF 631;
- стенд сборочно-сварочный.

Элементы колонны буровой вышки собирают в сборочно-сварочном стенде (чертёж), который обеспечивает фиксацию колонны буровой вышки в собранном положении и её вращение с заданной скоростью сварки.

Аппарат сварочный перемещается по специально разработанной направляющей вдоль свариваемого изделия, обеспечивая корректировку сварочной горелки в продольном направлении и перемещение сварочной горелки со скоростью сварки.

Сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ при тяжелых условиях работы. Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки, но и ее корпус, Все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги. Сварочный аппарат оснащен блоком управления РЕК для более точной настройки головки. И системой слежения за стыком GMH.

Техническая характеристика сварочного аппарата A2 S GMAW Mini Master приведены в таблице 1.10.

Блок управления приспособлен для работы совместно со сварочным источником ESAB LAF 631. Тесная связь блока управления со сварочными источниками обеспечивает очень высокую стабильность сварочных процессов.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист							
						Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	60
												Лист

Источник питания ESAB LAF 631 обеспечивает требуемое значение сварочного тока (630 А) при ПВ 100 %.

Для выполнения прихваток, подварки, исправления брака и т.д. предусмотрен Сварочный полуавтомат EWM Phoenix 521.

Характеристики сварочного аппарата A2 S GMAW Mini Master приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 - Технические характеристики A2 S GMAW Mini Master [7, 19]

1	2
Напряжение питающей сети трехфазного тока, V	380
Частота питающей сети, Гц	50
Допустимая нагрузка при ПВ 100%, А	650
Диаметр проволоки, мм.	0,8 - 1,6
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин.	0,2 - 25
Длина хода линейных слайдеров, мм	90
Угол поворотного слайдера, град.	360
Регулировка наклона электрода, град.	45
Вместимость кассеты для проволоки, кг	30
Габаритные размеры, мм	620x418x915
Масса без проволоки, кг	43

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

1.10 Оборудование для сборки-сварки колонны буровой вышки

1.10.1 Сварочный аппарат EWM Phoenix 521



Рисунок 1.13 – полуавтомат EWM Phoenix 521

Характеристики сварочного полуавтомата EWM Phoenix 521 приведены в таблице 1.11

Таблица 1.11 - Основные характеристики полуавтомата EWM Phoenix 521[7]

1	2
Тип устройства	сварочный инвертор
Типы сварки	ручная дуговая сварка (ММА), аргонодуговая сварка (TIG), полуавтоматическая сварка (MIG/MAG)
Сварочный ток (ММА)	5-520 А
Сварочный ток (MIG/MAG)	5-520 А
Сварочный ток (TIG)	5-520 А
Напряжение на входе	300-480 В
Количество фаз питания	3

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						62



### 1.10.2 Сварочная головка A2 S GMAW Mini Master

A2 S GMAW Mini Master - компактная версия сварочной головки для сварки под флюсом A2 S Mini Master, но предназначенной для сварки МИГ/МАГ.

Сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ при тяжелых условиях работы.

Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки, но и ее корпус. Все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги.



Рисунок 1.14 – Сварочная головка А-1406

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	Инов. № подл.	Лист

**ДП4403.04.117ПЗ**

Сварочные головы ESAB поставляются без подающего ролика и контактных наконечников и губок, которые выбираются дополнительно под конкретный диаметр и тип проволоки. Предлагаются широкие возможности по конфигурированию сварочных головок А2 и оснащению дополнительными опциями для решения конкретных производственных задач или комплексного решения ряда задач. Сварочные головки ESAB высокие стандартны качества сварки и предоставляет гибкость в плане выбора под нужные задачи.

Технически характеристики сварочной головки А2 S GMAW Mini Master записаны в таблице 1.12.

Таблица 1.12 -Технические характеристики А2 S GMAW Mini Master [7]

1	2
Напряжение питающей сети трехфазного тока, V	380
Частота питающей сети, Гц	50
Допустимая нагрузка при ПВ 100%, А	650
Диаметр проволоки, мм.	0,8 - 1,6
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин.	0,2 - 25
Длина хода линейных слайдеров, мм	90
Угол поворотного слайдера, град.	360
Регулировка наклона электрода, град.	45
Вместимость кассеты для проволоки, кг	30
Габаритные размеры, мм	620x418x915
Масса без проволоки, кг	43

### 1.10.3 Источник питания ESAB LAF 631

Трехфазные тиристорные источники ESAB LAF 631 (рисунок 1.15) с принудительным воздушным охлаждением предназначены для высокопроизводительных механизированных способов сварки: под слоем флюса или плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG).

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**



Рисунок 1.15 – Источник питания ESAB LAF 631

Источники питания ESAB LAF 631 предназначены для совместной работы с головами производства компании ESAB A2, A6 совместно с блоками управления сваркой PEK или PEI (только с A2). Источники серии LAF обладают отличными сварочными характеристиками во всем диапазоне регулировок тока и напряжения, что особенно важно при поджиге дуги или её повторном возбуждении.

Источники демонстрируют хорошую стабильность дуги как на высоких, так на низких токах. При необходимости получить большой сварочный ток источники можно подключить параллельно, используя дополнительный блок. Источники не имеют свою собственную панель управления сварочными параметрами, поэтому для управления необходимо использовать сварочные головы с полностью цифровыми блоками управления сваркой PEK - контроллер с максимальными возможностями

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инв. № дубл.				
Изм	Взам. инв. №				66
	Подп. и дата				
Лист	№ докум.				<p style="text-align: center;"><b>ДП4403.04.117ПЗ</b></p>
№ докум.	Подп.				
Подп.	Дата				

управления или PEI - с базовыми функциями для менее требовательных областей применения.

Современные технологии обмена данными играют важную роль в построении автоматизированных комплексов. Поэтому источники LAF последнего поколения имеют возможность обмена данными с использованием большинства стандартных протоколов, таких как TCP/IP (LAN), Anybus, Profibus, CAN или даже прямая связь с контроллером ЧПУ. В зависимости от типа используемого протокола связи могут потребоваться дополнительные модули.

Технические характеристики источника питания ESAB LAF 631 приведены в таблице 1.13.[7,11]

Таблица 1.13 – Основные характеристики источника питания ESAB LAF 631

Сварочный ток, А	630
Кол-во постов сварки	1
Напряжение питания, В	380
Потребляемая мощность, кВт	150
Плавная регулировка по току, шаг А	1
Частота сети, Гц	50
Количество фаз	3
Напряжение холостого хода, В	54
Плавная регулировка по напряжению, шаг В	0,1
Габаритные размеры, мм	670x490x930
Вес, кг	260

#### 1.10.4 Блок управления ESAB PEK

Блок управления PEK (рисунок 1.16) полностью русифицирован, применяется для автоматической сварки под флюсом или в защитном газе. Блок управления приспособлен для работы совместно со сварочным источником LAF и TAF. Тесная связь блока управления со сварочными источниками обеспечивает очень высокую стабильность сварочных

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

процессов. Большой жидкокристаллический дисплей блока управления демонстрирует установленные сварочные параметры и выдает сообщения об ошибках, если эти параметры выходят за рамки допустимых значений. Удобные и интуитивно понятные органы управления блоком РЕК обеспечивают легкость и быстроту настроек параметров. Работа блока может вестись в ручном и автоматическом режиме. В ручном режиме скорость подачи проволоки, скорость перемещения, а также другие параметры, устанавливаются и регулируются вручную. В автоматическом режиме выбирается группа параметров и в процессе сварки ведется лишь их тонкая настройка.

*Основное меню служит для установки:* тепловложения, тока сварки, скорости подачи, напряжения дуги, скорости применения и отображает заданные параметры.

*Стартовое меню служит для установки:* способа возбуждения дуги, вида окончания сварки, направления сварки, способа регулирования, типа проволоки, материала проволоки, диаметра проволоки. Могут быть установлены значения функций заварки кратера и времени окончания сварки.



Рисунок 1.16 – Блок управления ESAB PEK

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

68

### Преимущества

- Журнал неисправностей с индикацией кода ошибки позволяет мгновенно определить и характер неисправности и оперативно ее устранить. Экспорт/импорт обеспечивает передачу информации на панель управления и от нее посредством носителя данных с интерфейсом USB.

- Управление файлами, управлять информацией на устройстве памяти USB. Позволяет удалять и копировать данные сварки.

- Редактирование предельных значений. Выполняет задание максимальных и минимальных значений сварочных параметров, (напряжение, скорость, подача проволоки, сварочный ток, скорость перемещения трактора) для различных методов сварки.

- Редактирование пределов измерений. Выполняет задание индивидуальных измеряемых значений. Предусмотрено 50 ячеек памяти.

- Статистика производительности. Обеспечивает учет общего времени горения дуги, общего объема материала и количества сварных соединений. Отображает удельный объем расплавленного проволочного материала на единицу длины и времени последнего сброса.

- Функция обеспечения качества. Записывает и позволяет контролировать отдельные сварочные параметры: время начала сварки, продолжительность сварки, минимальные, максимальные и средние значения тока, напряжения и тепловложения в процессе сварки.

- Учетные записи пользователей. Особую важность с точки зрения обеспечения качества зачастую приобретает возможность защиты изделия от эксплуатации посторонними лицами. Меню обеспечивает три уровня доступа: «администратор», «ответственный пользователь», «обычный пользователь».

#### 1.10.5 Системы слежения за стыком GMH.

Автоматическая система слежения GMH. (рисунок 1.17)

Ив. № подл.	Подп и дата	Взам. инв.№	Ив. № дубл.	Подп. и дата
-------------	-------------	-------------	-------------	--------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

**ДП4403.04.117ПЗ**



Рисунок 1.17 - Система слежения GMN

*Преимущества:*

- Простота и легкость в применении;
- Адаптирован для применения практически для любых типов сварных швов;
- Можно использовать для автоматического отслеживания шва;
- Одинаково хорошо работает в системах сварки ESAB A2 или A6;
- Направляющие с автоматическим сервоприводом гарантируют надежное и точное отслеживание швов.

*Выпускается в трех вариантах:*

1. с панелью управления, расположенной спереди;
2. с дистанционным устройством управления;
3. без панели управления; в этом случае предназначается для встраивания в системы потребителя.

Позволяет выполнять соединения с угловым швом и стыковые соединения, используя щупы с датчиками.

Коррекция неровностей сварочных стыков, отслеживание простых геометрических форм и отсутствие проблем, вызванных смещением.

Инд. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
Инд. № подл.				

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

### 1.10.6 Ленточнопильный станок по металлу 400 В JET HBS-1820AF 50000480T

Ленточнопильный станок по металлу 400 В JET HBS-1820AF 50000480T (рисунок 1.18) представляет собой профессиональное оборудование, которое предназначается для распиловки металлических заготовок. Возможность крепления к полу обеспечивает устойчивость конструкции, а также способствует равномерному распределению вибраций. Лампа служит для качественного и комфортного освещения рабочей зоны. Элементы управления и контроля располагаются на эргономичной панели, что гарантирует удобство эксплуатации. Благодаря аварийной кнопке остановка агрегата в случае чрезвычайной ситуации осуществляется максимально быстро.



Рисунок 1.18 - Станок 400 В JET HBS-1820AF 50000480T

Технические характеристики станка 400 В JET HBS-1820AF 50000480T приведены в таблице 1.14.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						71

Таблица 1.14 – Технические характеристики станка 400 В JET HBS-1820AF 50000480T [25]

Напряжение	380 В
Мощность	5600 Вт
Мах диаметр заготовки 90°	460 мм
Скорость движения ленты	85 м/мин
Тип электродвигателя	асинхронный
Охлаждение	есть
Вес	3090 кг
Материал обработки	металл
Ширина полотна	41 мм
Мах размер прямоугольной заготовки 90°/45°	460/500 мм
Размер пильной ленты	41x1.3x5450 мм
Габариты	2735x2260x2185 мм

### 1.10.7 Резак РЗА-31 трехтрубный

Резак РЗА-31 трехтрубный, ацетиленовый, (рисунок 1.19) газокислородный, вентильный. Предназначен ацетиленовый резак РЗП-31 трехтрубный для ручной газокислородной резки (раскроя) листового и сортового металла из низко углеродистых сталей толщиной до 300 мм. Работоспособен в тяжелых условиях длительное время, стоек к обратному удару.

Для кислородной резки с применением ацетилена используют оборудование для ацетиленовой сварки, но вместо сварочной горелки применяют газовый резак, обычно инжекторного типа.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						72



Рисунок 1.19 - Резак P3A-31 трехтрубный

Технические характеристики кислородного резака P3A-31 трехтрубный, приведены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Характеристики резака P3A-31 трехтрубный [21]

Толщина разрезаемой стали, мм	300
Тип	Вентильный
Класс	Ацетиленовый
Род резака	Ручной
Группа	Компактные
Применяемый газ	Ацетилен
Режущий газ	Кислород
Масса, кг.	0,70

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

73



### 1.10.9 Ультразвуковой дефектоскоп Krautkramer USM 36

Ультразвуковой дефектоскоп Krautkramer USM 36 изображен на рисунке 1.21.



Рисунок 1.21 - Ультразвуковой дефектоскоп Krautkramer USM 36

#### *Отличительные особенности*

- Большой легкочитаемый 7-дюймовый дисплей, с разрешением 800x480 пикселей. Полноэкранный отобраз A-скана, лучшее в своей линейке.

- Дефектоскоп оснащен известной по прошлым моделям вращающейся ручкой, но в данной модели функциональные клавиши сведены к минимуму — интуитивно-понятная 6-клавишная клавиатура.

- Схожий интерфейс с USM Go и USM Go+ обеспечивает быстроту переучивания специалистов, работавших с такими моделями, а так же быстроту настроек контроля.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						75
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата		



## 2 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки колонны буровой вышки. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической сварки колонны буровой вышки на автоматическую сварку в среде защитных газов с использованием автоматизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сварочного оборудования на более автоматизированное, что позволяет использование автоматической сварки в среде защитных газов для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 4. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать такие нормативные документы как Профессиональные стандарты. Профессиональный стандарт является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

*Профессиональные стандарты применяются:*

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	Лист

**ДП4403.04.117ПЗ**



частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 2.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» [29,30]

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций, (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов
Трудовые действия	Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных сварных соединений	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документации. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования. Проверяет работоспособность и исправность вспомогательного оборудования.
Необходимые умения	Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, настраивать сварочное	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью автоматической сварки в среде защитных газов и осуществлять его

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

79



*Вывод:* результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» является следующее:

*Необходимые знания:*

- оборудование механизированной и автоматической дуговой сварки его типы, устройство, основные технические характеристики, правила его обслуживания и управления;
- устройство различных сварочных автоматов, полуавтоматов, плазматронов, источников питания;
- основы электротехники в пределах выполняемых работ;
- марки и типы сварочных материалов;
- способы испытания сварных швов;
- виды дефектов в сварных швов и методы их предупреждения и устранения;
- влияние режимов сварки на геометрию сварного шва,
- механические свойства свариваемых металлов.

*Необходимые умения:*

- производить автоматическую и полуавтоматическую сварку сложных строительных конструкций;
- производить автоматическую и механизированную сварку во всех пространственных положениях узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей;
- производить автоматическую и механизированную наплавку сложных деталей, механизмов, конструкций.

Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования.

Владеть контрольно измерительными приборами.

Инд. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инд. № дубл.				
Инд. № подл.	Взам. инв. №				Лист
	Подп. и дата				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<p style="text-align: center;"><b>ДП4403.04.117ПЗ</b></p>



Таблица 2.2 - Учебный план повышения квалификации

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	2	3
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ</b>		
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
<b>2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ</b>		
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>157</b>

### 2.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного план повышения квалификации и учета требований работодателей. Программа предмета «Спецтехнология» приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	2	3
1	Источники питания для автоматической сварки плавлением	3
2	Механическое оборудование	3
3	Оборудование для автоматической сварки в смеси защитных газов	6

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

83

### Окончание таблицы 2.3

1	2	3
3.1	Устройство и основные агрегаты сварочного аппарата	4
3.2	Конструкция сварочной головки	5
4	Технология автоматической сварки в смеси защитных газов	9
4.1	Особенности сварки в смеси защитных газов	5
4.2	Режимы автоматической сварки в смеси защитных газов	4
4.3	Оборудование используемое для сварочных работ	4
5	Контроль качества сварных швов	3
6	Охрана труда	5
	Итого:	52

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки в смеси газов, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

#### 2.4 Разработка план - конспекта урока

Тема урока «Устройство и технические характеристики сварочного автомата A2 S GMAW Mini Master» для сварки в смеси защитных газов.

Тема предыдущего урока «Классификация сварочных аппаратов для автоматической сварки (наплавки) плавлением».

#### **Цели занятия:**

**Обучающая:** Формирование знаний об устройстве сварочного автомата A2 S GMAW Mini Master.

**Развивающая:** развивать техническое и логическое мышление, память, внимание.

**Воспитательная:** воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета

**Тип урока:** урок новых знаний. [32]

**Методы обучения:** словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративные методы.

#### **Дидактическое обеспечение занятия:**

- плакат: «Сварочная головка A2 S GMAW Mini Master»

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

84

- учебник: Володин В.Я., «Современные сварочные аппараты», Наука и техника, 2008г., 306 стр

- Каталог оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uniprofit.ru> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 8.02.2019).

**Структура урока:**

Организационный момент;

1 Подготовка обучающихся к изучению нового материала;

2 Сообщение темы и цели занятия;

3 Актуализация опорных знаний.

4 Изложение нового материала

5 Первичное закрепление.

План конспект урока приведен в таблице 2.4

Таблица 2.4 – План конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 минут	Здравствуйте, меня зовут Татаринцов Антон Викторович. Прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки. Сегодня будем много конспектировать.	Приветствую обучающихся, провожу переключку и проверяю готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела «Устройство и принцип работы сварочного автомата для сварки в смеси защитных газов». Тема занятия: «Устройство и технические характеристики сварочного автомата A2 S GMAW Mini Master для сварки в смеси защитных газов». Цель нашего занятия: «формирование знаний об устройстве сварочного автомата A2 S GMAW Mini Master».	Сообщаю тему занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Мотивация 5 минут	Рассказываю о механизированной и автоматической сварке (наплавке) плавлением.	Обучающиеся внимательно слушают.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------	------	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3
Актуализация опорных знаний 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал  по вопросам: 1. Основные отличия аппарата для полуавтоматической сварки от аппарата для автоматической сварки? 2. Почему применяют унифицированные узлы на полуавтоматах и автоматах? 3. Расскажите об обозначении аппаратов для дуговой сварки в смеси защитных газов.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 25 минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: - Назначение сварочного автомата; - Основные механизмы сварочного автомата; По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать особое внимание.  В настоящее время широко применяется автоматическая сварка.  Это объясняется высокой маневренностью полуавтоматов, возможностью производить сварку в труднодоступных местах. Автоматическая сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительно-монтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке.  Сварочная головка A2 S GMAW Mini Master используется для сварки в среде защитных газов. Сварка в среде защитных газов может проводиться как одной, так и двумя проволоками. Механизм подачи обеспечивает равномерную и стабильную подачу проволоки. Привод всех четырех колес гарантирует перемещение точно с заданной скоростью. Четкий ввод сварочных параметров и управление этими параметрами осуществляется при помощи цифрового дисплея на передней панели блока управления. Сварочный автомат A2 S GMAW Mini Master можно легко перенести с одного рабочего места на другое. Его можно быстро переналадить для сварки различных изделий. программировать и управлять всеми сварочными параметрами. Сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ при тяжелых условиях работы.	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. Прошу обучающихся сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам. Вместе разбираем устройство механизма, схемы сварочного автомата A2 S GMAW Mini Master.  Записываем основные моменты. Рассказываю какие способы сварки обеспечивает сварочный автомат A2 S GMAW Mini Master. Рассказываю с каким оборудованием может устанавливаться сварочный автомат

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

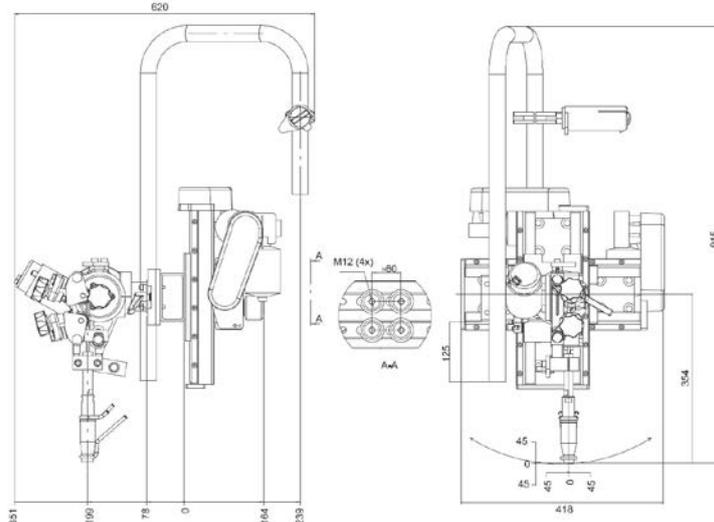
86

1

2

3

Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки но и ее корпус. Все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги.



### Сварочный автомат A2 S GMAW Mini Master

Сварочные головы ESAB поставляются без подающего ролика и контактных наконечников и губок, которые выбираются дополнительно под конкретный диаметр и тип проволоки. Предлагаются широкие возможности по конфигурированию сварочных головок A2 и оснащению дополнительными опциями для решения конкретных производственных задач или комплексного решения ряда задач. Сварочные головки ESAB высокие стандартны качества сварки и предоставляет гибкость в плане выбора под нужные задачи.

Технические характеристики сварочной головки A2 S GMAW Mini Master записаны в таблице.

Напряжение питающей сети трехфазного тока, V	380
Частота питающей сети, Гц	50
Допустимая нагрузка при ПВ 100%, А	650
Диаметр проволоки, мм.	0,8 - 1,6
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин.	0,2 - 25
Длина хода линейных слайдеров, мм	90
Угол поворотного слайдера, град.	360
Регулировка наклона электрода, град.	45
Вместимость кассеты для проволоки, кг	30
Габаритные размеры, мм	620x418x9
	15
Масса без проволоки, кг	43

A2 S GMAW Mini Master.

Вешаю плакат с общим видом. Показываю плакат и объясняю устройство сварочной головки A2 S GMAW Mini Master. Рассказываю об устройстве сварочной головки. Записываем основные моменты.

Подп. и дата

Инов. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инов. № подл.

Изм Лист № докум. Подп. Дата

ДП4403.04.117ПЗ

Лист

87

## Окончание таблицы 2.4

1	2	3
Выдача домашнего задания 7 минут	<p>еперь запишем домашнее задание, повторить §24.6. Автоматы для сварки в смеси защитных газов, по учебнику - учебник: Володин В.Я., «Современные сварочные аппараты», Наука и техника, 2008г., 306 стр.</p> <p>Изучить сварочную головку A2 S GMAW Mini Master фирмы ESAB по Каталогу оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="http://www.uniprofit.ru">http://www.uniprofit.ru</a> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 8.02.2019).</p>	Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующему занятию.

### 2.5 Вывод по методическому разделу

Методическая часть дипломного проекта является самостоятельной творческой деятельностью педагога профессионального образования. Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали профессиональный стандарт рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- разработали тематический план предмета «Спецтехнология»;
- разработали план-конспект урока по предмету «Спецтехнология», в котором максимально использовали результаты разработки технологического раздела дипломного проекта;
- разработали средства обучения для выбранного занятия.

Считаем, что данную разработку, возможно, использовать в процессе переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

88

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта были рассмотрены вопросы о свариваемости низколегированной стали. Был выбран способ сборки и автоматической сварки, которые в совокупности способны обеспечить получение качественных сварных соединений с необходимыми нам свойствами.

Для разработки процесса автоматической сварки выполнены следующие этапы:

- разработан технологический процесс согласно расчетам и операциям в соответствии требованиям ЕСТД;
- скомпонован комплекс типового оборудования, который повысило производительность процесса сварки;
- оптимизированы режимы сварки для реализации усовершенствованного технологического процесса.

Применение предложенного комплекса оборудования для механизированной сборки и автоматической сварки способно обеспечить значительный экономический эффект, который достигается за счет уменьшения времени на выполнение сварки.

С целью подготовки рабочих кадров для выполнения работ по новому технологическому процессу в представленной работе разработана программа переподготовки рабочих. Разработан план-конспект урока по предмету «Спецтехнология».

Цели и задачи выполнения выпускной квалификационной работы достигнуты.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>				Лист
									89



12 Катаев, Р.Ф. Расчет основных параметров механизированной дуговой сварки плавящимся электродом / Р.Ф. Катаев. - Екатеринбург: «УГТУ-УПИ», 2009. – 37 с.

13 Рыжков, Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.

14 Шебеко, Л.П. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки / Л.П. Шебеко, - М.: Высш. шк., 1986. – 279 с.

15 Волченко, В.Н. Сварка и свариваемые материалы: справочное пособие / В.Н. Волченко. - М. : Металлургия, 1991 .- 256 с.

16 Куркин, С.А. Технология, механизация и автоматизация при производстве сварных конструкций / С.А. Куркин - М.: Машиностроение, 1986. – 327 с.

17 Волченко, В.П. Контроль качества сварных конструкций / В.П.Волченко. - М.: Машиностроение, 1986. – 155 с.

18 Севбо, П.И. Расчет и конструирование механического сварочного оборудования / П.И. Севбо. - Киев: Наукова думка, 1978. – 400 с.

19 Володин, В.Я., Современные сварочные аппараты / В.Я. Володин. – Санкт-Петербург: Наука и техника, 2008г., 306 с.

20 Каталог оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uniprofit.ru> Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 8.02.2019)

21 «Сварочное оборудование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.esab.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.01.2019).

22 «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asvarka.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: : 24.01.2019).

23 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01.– М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв.№	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						91

24 ГОСТ 14771 – 76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1976-28-07. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1976. – 38 с.

25 Салтыков, В.А. Машины и оборудование машиностроительных предприятий / В.А. Салтыков, В.П. Семенов, В.Г. Семин, В.К. Федюкин. - М.: Машиностроение, 2012. – 715 с.

26 Internet шаг за шагом [Электронный ресурс]: [Интерактивный учебник] – Электрон. дан. и прогр. – СПб. : ПитерКом, 2007. - 1 электрон. опт. диск (CD-R) зв., цв. + прил. (127 с.). – Загл. с этикетки диска. – (Дата обращения: 16.01.2019).

27 Цветков, В.Я. Компьютерная графика [Электронный ресурс]: рабочая программа для студентов всех форм обучения специализации 030504.08 / В.Я.Цветков. – Электрон. дан.и прогр. – Екатеринбург: Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2010. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – Загл. с этикетки диска. – (Дата обращения 23.12.2018).

28 Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информационных технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. - Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 2007. – Режим доступа: <http://www.rsl.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус, англ. (Дата обращения 10.01.2019).

29 Профессиональный стандарт «Сварщик» [Электронный ресурс]: (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301). - Электрон. дан. – Санкт-Петербург: РРТ.Ru, 1997-2019. – Режим доступа: <http://ppt.ru/docs/profstandarts/view/660>. - Загл. с экрана (Дата обращения 19.01.2019).

30 Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» [Электронный ресурс]: (код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>					

31.12.2015 г., рег. № 40426). - Электрон. дан. – Санкт-Петербург: PPT.Ru, 1997-2019. – Режим доступа: <http://ppt.ru/docs/profstandarts/details/9868> - Загл. с экрана (Дата обращения 24.01.2019).

31 Каталог государственных стандартов [Электронный ресурс]: база данных содержит классификатор и базу данных нормативных документов. - Электрон. дан. – М.: RusCable.Ru, 1999. – Режим доступа: <http://gost.ruscable.ru/cgi-bin/catalog> . – Загл. с экрана. (Дата обращения 19.01.2019).

32 Скакун, В. А. Методика производственного обучения: учебное пособие: в 2 ч. / В.А.Скакун. - М.: Профессиональное образование, 1992.

Ч.1.: 165 с.

Ч.2.: 204 с.

33 Федулова, М.А. Формирование специальной компетенции будущих педагогов профессионального обучения: дисс...канд. пед. наук: 13.00.02, 13.00.08: защищена 26.12.08: утв. 30.03.09 .Федулова Марина Александровна. – Екатеринбург, 2008. — 208 с.

34 ГОСТ 2.104 – 68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. - Введ. 1971-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1971. – 35 с.

35 Федулова М.А. Методические рекомендации по выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы / М.А. Федулова, Д.Х. Билалов. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально – педагогический университет», 2014. - 49 с.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ДП4403.04.117ПЗ</b>	Лист
						93

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Инва. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП4403.04.117ПЗ**

Лист

94

