

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ИЗДЕЛИЯ ТИПА
«КОЛПАК»

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки: 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)

профилю подготовки: Машиностроение и материалобработка

специализации: «Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве»

Идентификационный код ВКР: 555

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки 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 _____

_____ Б.Н.Гузанов

«_____» _____ 201__ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ИЗДЕЛИЯ ТИПА «КОЛПАК»

Исполнитель:

студент группы ЗСМ-404С _____

С.В. Томилов

Руководитель:

доц., канд. пед. наук _____

М.А. Федулова

Нормоконтролер:

доц., канд. техн. наук _____

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 119 страницах, содержит 26 рисунков, 26 таблиц, 44 источника литературы, 1 приложение, 2 чертежа формата А1 и 4 плаката формата А1.

Ключевые слова: КОРПУС ТИПА «КОЛПАК», СПЕЦ.СТАЛЬ, 20ХГСНМ, СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА СВ – 08Х20Н9Г7Т, СВАРОЧНЫЙ РОБОТ IRB 1520 ID, ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВАРКИ КОРПУСА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОПЕРАТОР РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ.

В дипломном проекте рассмотрено краткое описание конструкции корпуса специальной техники типа «Колпак» и условия её эксплуатации. Приведена характеристика материала изделия с учетом свариваемости. Разработана технология и подобрано оборудование для сборки и роботизированной сварки.

Выполнен сравнительный анализ технико-экономических показателей базовой и проектируемой технологии сварки корпуса специальной техники.

Разработана программа переподготовки по профессии «Сварщик» на профессию «Оператор роботизированной сварки» 3. Разработан учебный план переподготовки, тематический план и план-конспект урока по теме: «Состав и назначение входящего оборудования в робототехнический комплекс дуговой сварки».

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Томилов С.В.			Разработка технологии сборки и сварки изделия типа «Колпак»	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Федулова М.А.					3	12619
<i>Реценз.</i>						ФГАОУ ВО РГПУ ИИПО каф.ИММ гр.ЗСМ-404С		
<i>Н. Контр.</i>		Плаксина Л.Т.						
<i>Утверд.</i>								

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Технологическая часть.....	9
1.1 Назначение и условия работы конструкции	9
1.2 Характеристика материала изделия	11
1.3 Особенности сварки стали 20ХГСМН	15
1.4 Свариваемость стали.....	17
1.4.1 Общие сведения о свариваемости	17
1.4.2 Расчет на склонность к образованию холодных и горячих трещин ...	18
1.5 Выбор способа сварки.....	20
1.5.1 Сварка под флюсом	20
1.5.2 Сварка в защитных газах.....	24
1.6 Описание и выбор сварочных материалов.....	29
1.6.1 Выбор сварочной проволоки	29
1.6.2 Выбор защитного газа	30
1.6.3 Расчет режимов сварки	33
1.6.4 Расчет норматива расхода сварочных материалов	42
1.7 Технология сборки и сварки корпуса типа «Колпак» со станком орудия	46
1.7.1 Оборудование для сборки-сварки.....	52
1.7.2 Контроль качества сварных соединений.....	67
2 Экономическая часть	70
2.1 Определение капиталобразующих инвестиций.....	70
2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку	70
2.1.2 Расчет количества оборудования, его загрузки и списочного состава производственных рабочих	74
2.1.3 Расчет капитальных вложений	77
2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкции.....	79

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

2.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкции.....	79
2.2.2 Расчет полной себестоимости изделия.....	88
2.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности.....	94
3 Методическая ЧАСТЬ.....	101
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	102
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки».....	107
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология».....	109
3.4 Разработка плана – конспекта урока.....	110
Заключение.....	116
Список использованных источников.....	118
Приложение А – Лист задания для выполнения ВКР.....	125
Приложение Б – Спецификация ДП 44.03.04.555.....	126

ВВЕДЕНИЕ

Сварка – является самым распространенным процессом металлообработки, предназначенным для создания неразъёмных соединений металлов, сплавов и различных материалов. Этот технологический процесс экономически выгодный, высокопроизводительный и в значительной степени механизированный, широко применяемый практически во всех отраслях машиностроения. Современные достижения в области радиоэлектроники, электротехники, оптики, автоматики, микропроцессорной и вычислительной техники совершенствуют технологический процесс сварки освобождая человека от вредного и монотонного труда. Этому способствует внедрение в производство роботизированных сварочных комплексов.

Актуальность темы дипломного проекта обусловлена тем, что роботизированные сварочные комплексы является технически сложным оборудованием, что несомненно вызывает некоторые проблемы: в выборе оборудования, его компоновке, назначении. Достаточно остро стоит проблема и с промышленными рабочими осуществляющими эксплуатацию этого оборудования. Все это усугубляется еще и малой долей литературы на русском языке, а все мировые лидеры в производстве роботизированных сварочных систем являются иностранными компаниями.

Целью дипломного проекта является создание варианта производства корпуса специальной техники типа «Колпак» с высокой производительностью труда, снижению трудоёмкости и себестоимости изготовления изделия, улучшения условий труда и увеличения, в нужный момент, выпуска производимых изделий, с наименьшим количеством привлекаемых квалифицированных сварщиков, а также переподготовка сварщиков частично механизированной сварки в операторов роботизированной сварки.

Объектом разработки является технология изготовления корпуса специальной техники типа «Колпак» и разработка программы переподготовки сварщиков.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Первая глава является технологической частью проекта, она раскрывает назначение изделия, характеристики и особенности сварки материала конструкции, технологию сборки и сварки корпуса специальной техники типа «Колпак» со станком орудия. Приводятся методики расчета режимов сварки, нормативов сварочных материалов и оборудования роботизированной сварки.

Во второй главе исследуются базовая и проектируемая технология сварки изделия с экономической точки зрения. Определяются нормы времени на сварку, количество требуемого оборудования и численность производственных рабочих. Рассчитывается технологическая и полная себестоимость изделия. Анализируется эффективность базовой и проектируемой технологии сварки конструкции.

В третьей главе сравниваются профессиональные стандарты по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки» с «Оператором роботизированной сварки». Разрабатывается учебный план, программа предмета спецтехнологии, план-конспект урока «Состав и назначение входящего оборудования в робототехнический комплекс дуговой сварки», для переподготовки сварщиков частично механизированной сварки в операторов роботизированной сварки.

В заключении подводятся итоги разработки технологического процесса, формируются окончательные выводы.

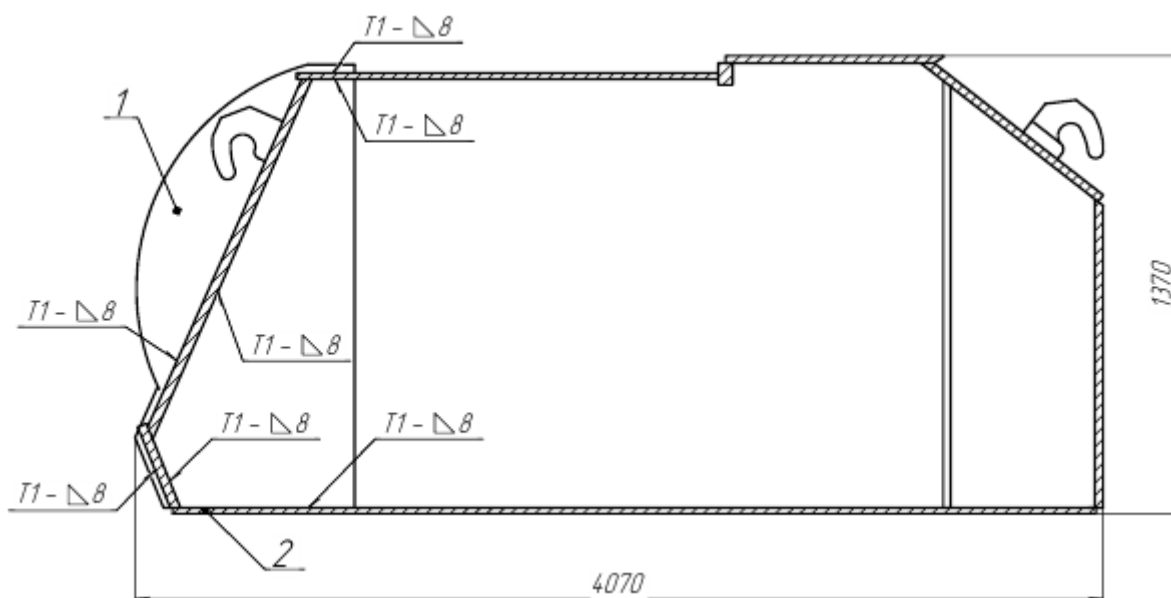
					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и условия работы конструкции

«Колпак» - является корпусом специальной техники. Он представляет собой вращающуюся башню, сваренную из катанных броневых листов и станка. В ней находятся: гаубица 2А64 с системой наведения и прицеливания, система автоматизированной подачи и хранения снарядов (включает в себя конвейер подачи снарядов с грунта, укладку 6ЭЦ19 с программируемой выдачей и исполнительный механизм координации углов с подачей снарядов от укладки к орудию), агрегат бортового питания АП-18Д с автономной системой питания, фильтровентиляционное оборудование, средства связи (внутренние телефонные, внешние проводные и радио) и система герметизации казенной части гаубицы, предотвращающая загазованность боевого отделения [1].

Корпус специальной техники типа «Колпак» состоит из большого количества деталей, в дипломном проекте разработана технология сборки и сварки станка гаубицы с башней в соответствии с рисунком 1.

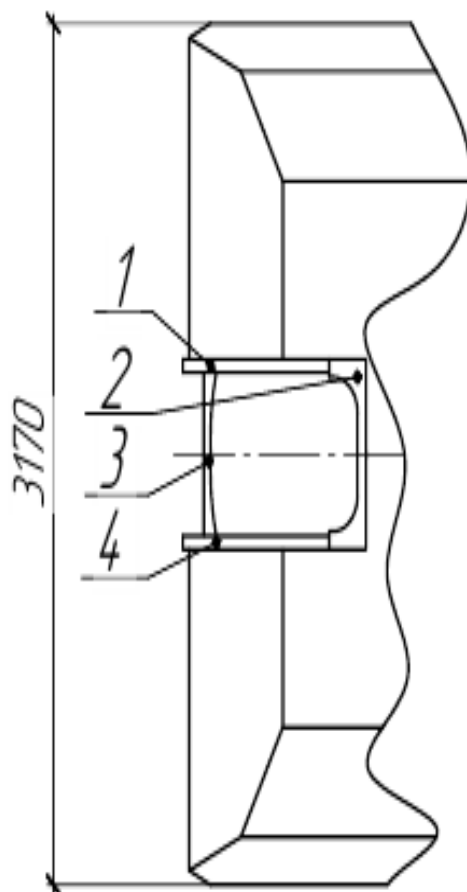


1 – станок орудия; 2 – листы башни

Рисунок 1 – Разрез сварного корпуса специальной техники типа «Колпак»

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП.44.03.04.555 ПЗ				

В станок входит две щеки, сваренные между собой верхней и нижней планками в соответствии с рисунком 2. Сварное соединение станка с корпусом башни испытывает динамические и ударные нагрузки.



1 – правая щека; 2 – верхняя планка; 3 – нижняя планка; 4 – левая щека

Рисунок 2 – Вид сверху корпус специальной техники типа «Колпак»

Основные параметры, характеристики и элементы сварного корпуса специальной техники типа «Колпак»:

Длина – 4070 мм

Высота – 1370 мм

Ширина – 3170 мм

Толщина – 14 мм

Материал – Сталь 20ХГСНМ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

10

1.2 Характеристика материала изделия

Для изготовления корпусов специальной техники используются спец. стали. Специфические условия высокоскоростного нагружения с локализованным приложением ударно-волнового нагружения, работа материала при напряжениях, превышающих предел текучести, одновременно при различных схемах нагружения выдвигают дополнительные требования, кроме механических свойств, к микроструктуре, чистоте материала, легированности твердого раствора после окончательной термической обработки, характеру излома. Это позволяет выделить материалы для броневых сталей в отдельный подкласс конструкционных материалов [2, стр. 71].

Стали для защиты легкобронной техники (БТР, БМП, спецтранспорт) должны выдерживать без разрушения попадание бронебойных пуль (от 7,62 до 14,5 мм), мелкокалиберных снарядов, а также обеспечивать требования по свариваемости и при необходимости отпуск сварных соединений без разупрочнения.

В большинстве случаев применяют стали с ограничением по верхнему содержанию углерода ($\leq 0,35\%$) в толщинах 10 – 20 мм.

Стали применяются в состоянии закалки и низкого отпуска на твердость *HV* 4,77 – 5,34 ГПа. Основные технические требования и условия приемки регламентируются техническими условиями на поставку броневых листа (за рубежом – MIL-A-46100 «Armor plate, steel, wrought, high-hardness»).

Типичными представителями этого класса – броневые стали марки MARS 240 (Франция), ARMOX 500S (Швеция). Отечественные аналоги – стали марок 26 ГСМ, 20ХСНМ, 35ХНЗМС-Ш, 40ХНЗМС-Ш [2, стр. 155].

Баллистические характеристики брони и технологичность процесса изготовления деталей, а именно:

- обеспечение требуемого комплекса свойств (прочность и пластичность) и сквозной прокаливаемости деталей толщиной от 2 до 20 мм в условиях более

«мягкой» закалки (на воздухе или между массивными плитами) для сведения к минимуму поводов деталей и листов, а также объёма их последующей правки;

- снижение уровня остаточных напряжений и решение проблемы живучести в результате максимально допустимого повышения температуры низкого отпуска.

Эти две основные задачи решаются успешно решаются при использовании низколегированных сталей с суммарным содержанием легирующих элементов менее 5% и с системами легирования *Cr-Ni-Mo-(V)* и *Cr-Si-Ni-Mo-(V)*. В этих системах пик ударной вязкости приходится на интервал температур низкого отпуска 170-220° и 250-280°С соответственно. Повышение температур отпуска сверх указанного диапазона сопровождается одновременным снижением прочностных показателей и пластичности сталей.

При сравнении металлургической технологии выплавки сталей и технологии их термической или термомеханической обработки обе системы легирования обеспечивают примерно одинаковый уровень прочностных характеристик.

Применение сталей с повышенным до 0,8 – 1,8 % *Si* повышает отпускостойчивость броневой стали при 200-250°С, а также показатели ударной вязкости (*KCU₋₄₀*), вязкости разрушения (*K_{1c}*). Это достигается за счет не только снижения уровня остаточных напряжений (благодаря более высокой температуре начала мартенситного превращения и повышению температуры низкого отпуска), но и присутствие в структуре 6 - 10% остаточного аустенита, сохраняющего стабильность в широком диапазоне эксплуатационных температур. При этом объёмную долю остаточного аустенита и его стабильность можно изменять в широких пределах, варьируя температуру изотермической закалки или регламентируя скорость охлаждения в бейнитно-мартенситном интервале температур.

Отечественные и зарубежные броневые стали мартенситного класса с < 0,4 % *C* применяют для бронеконструкций, сварку которых проводят

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

аустенитными сварочными материалами с последующим (при необходимости) низким отпуском сварных соединений [2, стр. 151].

В нашем случае используется сталь 20ХГСНМ. Химический состав приведен в таблице 1. Как видно из химического состава сталь принадлежит к системе легирования *Cr-Si-Ni-Mo*, а суммарное содержание легирующих элементов менее 5% ($0,25C + 1,5 Si + 0,6Mn + 1,5Cr + 0,8Ni + 0,3Mo = 4,95\%$).

Таблица 1 – Химический состав стали 20ХГСНМ, масс. %, по ТУ 14-1-2320-78 [3]

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
0,2-0,25	1,25-1,5	0,35-0,6	1,0-1,5	0,4-0,8	0,1-0,3	не более 0,03	не более 0,03

Сталь 20ХГСНМ является низкоуглеродистой, малолегированной сталью. В малолегированных сталях 20ХСНМ и 26ГСМ, содержащих до 0,25% С, мартенситная составляющая около 73% и в сталях 26ГСМ – 65% от всего объёма. Объёмная доля пластинчатого мартенсита с повышением содержания от 0,19 до 0,26 % с колеблется от 4 до 6 %. Кроме мартенситной составляющей в структуре сталей 20ХСНМ и 26ГСМ присутствуют продукты промежуточного превращения. Нижний бейнит занимает 15%, а верхний 3% от всего объёма матрицы. В стали 20ХСНМ, кроме отмеченных выше структурных составляющих, присутствуют структурно-свободный феррит, который занимает 10% объёма и преимущественно располагается на границах зерен или у тройных стыков.

Использования низкого отпуска при 250 - 260° С на заключительной стадии термической обработки приводит к появлению видманштеттовых выделений карбидов размером 0,03 - 0,18 мкм мартенситной составляющей структуры. При этом каких-либо заметных изменений в субструктуре матрицы не наблюдается.

В общем случае повышение содержания углерода и использование термической обработки с целью получения мартенсита – наиболее экономичные и выгодные методы для упрочнения стали. Однако, когда

содержание углерода в стали превышает 0,3%, в структуре неизбежно присутствует двойникованный мартенсит, оказывающий вредное влияние на вязкость и повышающий склонность к образованию закалочных трещин.

Для получения предела прочности $\sigma_B = 1500 - 2100$ МПа содержание углерода должно составлять около 0,4%. Температура отпуска должна быть по возможности более высокой, чтобы максимально восстановить пластичность и вязкость.

Эффективный метод упрочнения малоуглеродистого мартенсита – использование легирования *Si*, *Mn*, *Ni* и *Mo* для реализации твердорастворного упрочнения. Такая комбинация легирования элементов не только упрочняет малоуглеродистый мартенсит, но и стабилизирует межречные пленки остаточного аустенита, а также подавляет начало охрупчивания мартенсита [2, стр. 156].

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.3 Особенности сварки стали 20ХГСМН

Стали, содержащие более 0,3 % С, относятся к трудносвариваемым мартенситным сталям. Одно из наиболее опасных проявлений недостаточной свариваемости сталей – образование трещин в сварных соединениях в процессе сварки. Это явление в значительной мере обусловлено резким снижением, так называемой технологической прочности металла при сварке, что означает способность материалов без разрушения выдерживать термомеханическое воздействие в процессе сварки. В результате понижаются механические свойства металла, что совместно с довольно высокими сварочными деформациями и напряжениями служит причиной образования трещин.

Основными видами разрушений в сварных конструкциях являются следующие:

- горячие кристаллизационные трещины, возникающие в сварных швах при завершении их затвердевания;
- холодные трещины в зоне термического влияния (ЗТВ) – отколы;
- холодные трещины в зоне сплавления – отрывы [2, стр. 295].

Способы сварки, способствующие уменьшению склонности зоны термического влияния сварных соединений к образованию трещин, целесообразно разделить на две группы в зависимости от их влияния на кинетику процесса формирования трещин. К первой группе следует отнести способы, способствующие уменьшению склонности к зарождению трещин, ко второй – способы, способствующие уменьшению склонности к их развитию.

В первую группу входят способы, предусматривающие сварку с применением источников, обеспечивающих концентрированный нагрев с малыми величинами погонной энергии; рафинирование и модифицирование основного металла; применение аустенитной и легированной ферритной электродной проволоки с пониженной температурой плавления; ослабление непосредственного воздействия источника нагрева на свариваемые кромки путем увеличения количества расплавляемого присадочного металла с

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

применением горячей или холодной присадки; крошку и др.; применение наплавки кромок и др.

Во вторую группу входят способы, предусматривающие предварительный или сопутствующий подогрев; термическую обработку сварных соединений после сварки; смещение бейнитно-мартенситных превращений из зоны термического влияния в область повышенных температур и др.

Для получения соединений с высокой стойкостью к образованию холодных трещин, а также швов с высокими пластическими свойствами и малой чувствительностью к концентраторам напряжений рекомендуется применять сварочные материалы, обеспечивающие аустенитную структуру шва. При прочности металла шва 600 МПа обеспечивается высокая работоспособность конструкций в условиях динамических и ударных нагрузок.

После сварки, не позднее чем через 30 минут, сварные соединения с ферритными швами подвергается высокому отпуску при 600-650 °С в течении 2 ч. Затем производится окончательная термическая обработка по режиму основного металла [4, стр. 221].

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

1.4 Свариваемость стали

1.4.1 Общие сведения о свариваемости

Под свариваемостью понимается способность стали данного химического состава давать при сварке тем или иным способом высококачественное сварное соединение без трещин, пор и прочих дефектов. Свариваемость металла зависит от химических и физических свойств, кристаллической решетки, степени легирования, наличия примесей и других факторов.

Основными показателями (критериями) свариваемости металлов и их сплавов являются:

- окисляемость металла при сварочном нагреве; чувствительность металла к тепловому воздействию сварки;
- сопротивляемость к образованию горячих трещин;
- сопротивляемость к образованию холодных трещин;
- чувствительность к образованию пор; соответствие свойств сварного соединения заданным эксплуатационным требованиям, к которым относятся: прочность, пластичность, выносливость, ползучесть, вязкость, жаростойкость и жаропрочность, коррозионная стойкость и др.;

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается.

Сварка низкоуглеродистых сталей, с содержанием углерода до 0,25% происходит без ограничений.

Среднеуглеродистые стали, с содержанием углерода свыше 0,25%...0,35% свариваются удовлетворительно.

Стали, содержащие в своём составе углерода более 0,35%, свариваются ограничено.

Высокоуглеродистые стали с содержанием углерода более 0,45% относятся к трудносвариваемой группе сталей.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

1.4.2 Расчет на склонность к образованию холодных и горячих трещин

Совокупность технологических характеристик основного металла, определяющих его реакцию на изменения, происходящие при сварке, и способность при принятом технологическом процессе обеспечивать надежное в эксплуатации и экономичное сварное соединение, объединяют в понятие «свариваемость». Для оценки склонности металла к появлению холодных трещин чаще всего используется углеродный эквивалент, которым можно пользоваться как показателем, характеризующим свариваемость, при предварительной оценке последней. Для этой цели имеется ряд уравнений. В настоящее время широко используется следующее параметрическое уравнение [4, стр. 142].

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + 5B, \quad (1)$$

где символы элементов их содержание в %.

Стали, у которых $C_{\text{ЭКВ}} \geq 0,45$ %, считается потенциально склонными к образованию трещин. $C_{\text{ЭКВ}}$ является обобщенным параметром состава стали, характеризующим её прокаливаемость. При $C_{\text{ЭКВ}} \geq 0,45$ % при сварке становится возможным образование закалочных структур в металле сварного соединения, что при условии насыщения металла водородом и высоких сварочных напряжений может привести к образованию холодных трещин. Значение $C_{\text{ЭКВ}}$ вне связи с этими условиями не может служить показателем действительной склонности сварного соединения к трещинам.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,25 + \frac{0,6}{6} + \frac{1,5}{24} + \frac{0,8}{10} + \frac{1,5}{5} + \frac{0,3}{4} + 0 + 0 = 0,86$$

$C_{\text{ЭКВ}} > 0,45$. Сталь склонна к холодным трещинам.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Для оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин применим расчетный метод с использованием критерия Уилкинсона, формула расчета которого применительно к низколегированным сварным швам имеет вид [4, стр. 130].

$$HCS = \frac{C * \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) * 1000}{3 * Mn + Cr + Mo + V}, \quad (2)$$

где HCS - параметр, оценивающий склонность сварных швов к образованию горячих трещин, %;

C, S, P и др. - химические элементы, %.

Если $HCS < 4$ – не склонна, для сталей с $\sigma_b < 700$ МПа. $HCS < 2$ – не склонная для сталей с $\sigma_b > 700$ МПа.

$$HCS = \frac{0,25 \cdot \left(0,03 + 0,03 + \frac{1,5}{25} + \frac{0,8}{100} \right) \cdot 1000}{3 \cdot 0,6 + 1,5 + 0,3 + 0} = 8,8$$

$HCS > 4$. Сталь склонна к горячим трещинам.

Для получения соединений с высокой стойкостью к образованию холодных трещин, а также швов с высокими пластическими свойствами и малой чувствительностью к концентраторам напряжений рекомендуется применять сварочные материалы, обеспечивающие аустенитную структуру шва. При прочности металла шва 600 МПа обеспечивается высокая работоспособность конструкций в условиях динамических и ударных нагрузок [4, стр. 221].

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.5 Выбор способа сварки

Современные условия производства сварных металлоконструкций диктуют повышение качества и производительности изготавливаемых изделий. Ручная дуговая сварка является низко производительным способом сварки, она также обусловлена зависимостью качества сварки от квалификации и индивидуальных особенностей сварщика. В связи с этим использование ручной дуговой сварки не целесообразно в изготовлении металлоконструкций с большой протяженностью сварочных швов, поэтому выбор способа сварки будет производиться из механизированных видов сварки.

1.5.1 Сварка под флюсом

Сущность процесса сварки под флюсом определяет его особенности по сравнению с ручной дуговой сваркой.

Производительность по сравнению с ручной сваркой увеличивается в 5-12 раз. При сварке под флюсом ток по электродной проволоке проходит только в ее вылете (место от токоподвода до дуги). Поэтому можно использовать повышенные ($25-100 \text{ А/мм}^2$) по сравнению с ручной дуговой сваркой ($10-20 \text{ А/мм}^2$) плотности сварочного тока без опасения значительного перегрева электрода в вылете и отслаивания обмазки, как в покрытом электроде.

Использование больших сварочных токов резко повышает глубину проплавления основного металла и появляется возможность сварки металла повышенной толщины без разделки кромок.

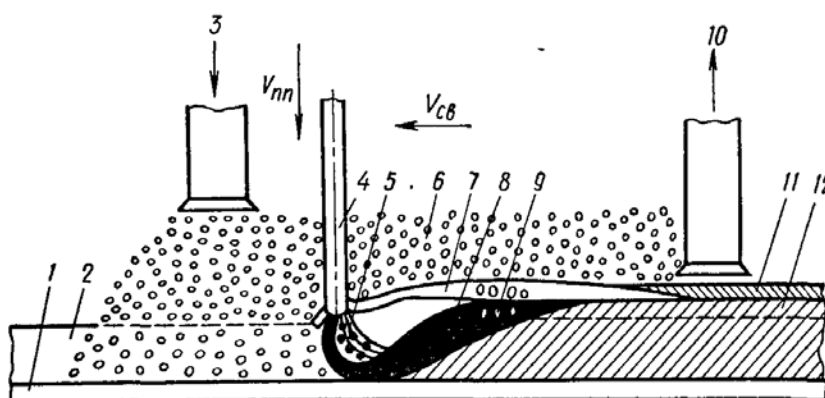
Сварка под флюсом — дуговая сварка, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса, обеспечивающего защиту сварочной ванны от воздуха.

По степени механизации процесса различают автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом.

Схема процесса автоматической сварки под флюсом приведена на рисунке 3. Электродная проволока автоматически подается в зону сварки. Дуга горит между концом электрода 4 и изделием 2 под слоем сварочного флюса 6,

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП.44.03.04.555 ПЗ					

подаваемого на изделие из бункера 3. Под действием тепла, выделяемого сварочной дугой, плавятся электродная проволока и основной металл, а также часть флюса, находящегося в зоне дуги. В области горения дуги образуется полость, ограниченная в верхней части оболочкой расплавленного флюса 7. Эта полость заполнена парами металла, флюса и газами, их давление поддерживает флюсовый свод, образующийся над сварочной ванной. Дуга 5 горит в непосредственной близости



1 – подкладка; 2 – изделие; 3 – бункер под флюс; 4 – электрод; 5 – дуга; 6 – флюс; 7 – оболочка расплавленного флюса; 8 – сварочная ванна; 9 – газы; 10 – устройство пневмоотсоса нерасплавленного флюса; 11 – шлаковая корка; 12 – металл шва

Рисунок 3 – Схема процесса автоматической сварки под флюсом

от переднего края ванны, несколько отклоняясь от вертикального положения в сторону, обратную направлению сварки. Под влиянием давления дуги жидкий металл также оттесняется в сторону, противоположную направлению сварки, образуя сварочную ванну 8. Под электродом создается кратер с тонким слоем расплавленного металла, а основная масса расплавленного металла занимает пространство от кратера до поверхности шва 12. Расплавленный флюс 7 вследствие значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем.

Флюс защищает дугу и сварочную ванну от вредного воздействия окружающей среды, оказывает металлургическое воздействие на металл сварочной ванны и, кроме того, препятствует разбрызгиванию жидкого

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

металла. Расплавленный флюс, обладая низкой теплопроводностью, замедляет процесс охлаждения шва, что облегчает шлаковым включениям и растворенным в металле газам 9 подняться на поверхность ванны, способствуя очищению металла шва от загрязнений. Нерасплавленный в процессе сварки избыточный флюс пневматическим устройством 10 отсасывают со шва и используют в дальнейшем при последующей сварке. Расплавленная и затвердевшая часть флюса образует на шве толстую шлаковую корку 11. После прекращения сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва 12. Сварку обычно проводят на подкладке 1 или флюсовой подушке [5, стр. 72].

Автоматическую сварку под флюсом выполняют электродной проволокой диаметром 2 - 6 мм. Равнопрочность соединения достигается подбором флюсов и сварочных проволок и выбором режимов и техники сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей и большинстве случаев применяют флюсы АН-348-А и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые электродные проволоки Св-08 и Св-08А. При сварке ответственных конструкций, а также металла с большим количеством ржавчины рекомендуется использовать электродную проволоку Св-08ГА. Использование указанных материалов позволяет получить металла шва с механическими свойствами, равными или превышающими механические свойства основного металла. При сварке низколегированных сталей используют, те же флюсы и электродные проволоки Св-08ГА. Св-10ГА, Св-10Г2 и др. Легирование металла шва марганцем из проволоки кремнием при проваре основного металла, при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. Использование указанных материалов достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин. При сварке без разделки кромок увеличение доли основного металла шва и поэтому некоторое повышение в нем углерода может прочностные свойства и понизить пластические свойства металлу шва.

						<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
							22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

При сварке низколегированных термоупрочненных для предупреждения шва в зоне термического влияния следует использовать режимы с малой погонной энергией, а при сварке не термоупрочненных с повышенной погонной энергией. Для обеспечения пластических свойств металла шва и околошовной зоны на уровне свойств основного металла во втором случае следует выбирать режимы, обеспечивающие получение швов повышенного сечения, применять двухдуговую сварку или производить предварительный подогрев металла до 150-200 °С [6, стр.223].

К преимуществам данного способа сварки можно отнести:

- Высокая производительность, превышающая производительность ручной дуговой сварки в 5-10 раз. Достигается она за счёт использования сварочного тока значительной силы, и, как следствие этого, за счёт глубокого проплавления свариваемого металла. А также за счёт того, что отсутствуют угар и разбрызгивание металла, а, следовательно, исключаются потери металла. Кроме этого, высокая производительность обеспечивается вследствие автоматизации процесса сварки металла.

- Применение флюса повышает качество сварки за счёт того, что образует защитную плёнку вокруг зоны сварки и препятствует проникновению в неё окружающего воздуха. Кроме того, флюс, на поверхности расплавленного металла обладает низкой теплопроводностью и препятствует быстрому остыванию жидкого металла. Вследствие этого газы и неметаллические включения успевают всплыть на поверхность сварочной ванны и выйти из неё до того, как металл кристаллизуется.

- Процесс автоматической сварки под флюсом полностью механизирован, что позволяет уменьшить до минимума трудоёмкий и дорогостоящий ручной труд и снизить квалификацию сварщика. А технология ручной дуговой сварки подразумевает ручной труд и для выполнения этих работ требуется сварщик более высокой квалификации.

- Электрическая дуга при автоматизированной сварке получается более стабильной, т.к. находится под защитным слоем сварочного флюса.

										Лист
										23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

- При автоматической сварке потери электродного металла не превышают 2-5%, так как угар металла и его разбрызгивание практически отсутствуют. Для сравнения, при ручной сварке потери металла из-за его угара и разбрызгивания достигают 20%, а в некоторых случаях 30%.

- При автоматической сварке коэффициент использования теплоты от электрической дуги более высокий, чем при ручной сварке. Это позволяет существенно экономить электроэнергию. Экономия может достигать 40%.

- Улучшенные условия работы сварщика. Зона сварки закрыта непроницаемыми слоями флюса и шлака, которые исключают проникновение окружающего воздуха в зону сварки. Но также эти слои препятствуют выделению вредных газов и пыли из сварочной зоны в воздух. Поэтому, для удаления газов достаточно наличия естественной вытяжной вентиляции на рабочем месте сварщика.

- Из-за того, что дуга находится под флюсом, она не видна оператору, следовательно, исключено её воздействие на глаза, поэтому, не требуется специальной маски или очков для защиты глаз.

К недостаткам такого вида сварки можно отнести возможность сварки швов только в нижнем положении, или при небольших наклонах сварных кромок, на угол не более 15°. Также затруднено применение автоматической сварки в монтажных условиях. Эти недостатки обусловлены недостаточной маневренностью сварочных автоматов из-за их конструктивных особенностей. Но со временем, по мере развития сварочной техники и технологии подобный недостаток будет устранён.

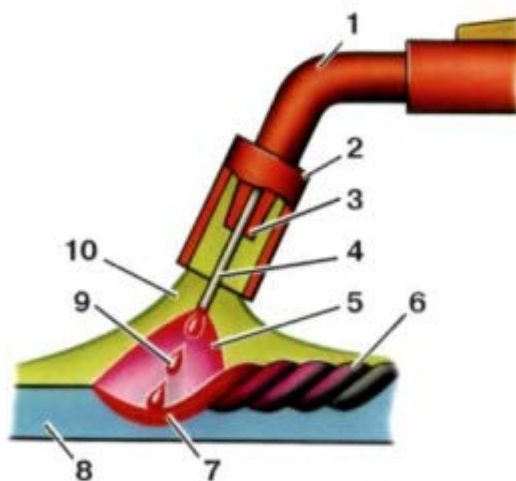
1.5.2 Сварка в защитных газах

Сварка в защитных газах — один из распространенных способов сварки плавлением. По сравнению с другими способами он имеет ряд преимуществ, из которых главные: возможность визуального, в том числе и дистанционного, наблюдения за процессом сварки; широкий диапазон рабочих параметров

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

режима сварки в любых пространственных положениях; возможность механизации и автоматизации процесса, в том числе с применением робототехники; высокоэффективная защита расплавленного металла; возможность сварки металлов разной толщины в пределах от десятых долей до десятков миллиметров.

Сварка в защитных газах - общее название разновидностей дуговой сварки, осуществляемой с вдуванием через сопло горелки в зону дуги струи защитного газа. В качестве защитных применяют: инертные (Ar , He), активные (CO_2 , O_2 , N_2 , H_2).



- 1 – Горелка; 2 – Сопло; 3 – Токоподводящий наконечник; 4 – Электродная проволока;
5 – Сварочная дуга; 6 – Сварочный шов; 7 – Сварочная ванна; 8 – Основной металл;
9 – Капли электродного металла; 10 – Газовая защита

Рисунок 4 – Схема сварки в защитных газах

При сварке плавящимся электродом в защитном газе (рисунок 4) в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подаётся защитный газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

						ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			25

При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей для защиты расплавленного электродного металла и металла сварочной ванны чаще всего применяют углекислый газ и смеси аргона с углекислым газом до 30 %. Аргон и гелий в качестве защитных газов применяют только при сварке конструкций ответственного назначения. Сварку в защитных газах выполняют плавящимся и неплавящимся металлическим электродом.

В некоторых случаях для сварки используют неплавящийся угольный или графитовый электрод. Этот способ применяют при сварке бортовых соединений из низкоуглеродистых сталей толщиной 0,3 - 2,0 мм (например, канистр, корпусов конденсаторов и т. д.). Так как сварку выполняют без присадки, содержание кремния и марганца в металле шва невелико. В результате прочность соединения составляет 50 - 70% прочности основного металла.

При автоматической и полуавтоматической сварке плавящимся электродом швов, расположенных в различных пространственных положениях, используют электродную проволоку диаметром до 1,2 мм, а при сварке швов, расположенных в нижнем положении - проволоку диаметром 0,8 - 1,6 мм.

Структура и свойства металла швов и околошовной зоны на низкоуглеродистых и низколегированных сталях зависят от использованной электродной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки (термического цикла сварки, доли участия основного металла в формировании шва и формы шва). Влияние этих условий и технологические рекомендации примерно такие же, как и при ручной дуговой сварке и сварке под флюсом.

На свойства металла шва влияет качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в газе в швах могут образовываться поры. При сварке в углекислом газе влияние ржавчины незначительно. Увеличение напряжения дуги, повышая, угар легирующих элементов, ухудшает механические свойства шва.

Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в аргоне применяется редко, так как эти стали хорошо свариваются под флюсом и в

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

углекислом газе, и лишь в исключительных случаях, когда требуется получение швов высокого качества, используется инертный газ.

При применении чистого аргона для сварки конструкционных сталей соединения характеризуются недостаточной стабильностью и неудовлетворительным формированием шва. Добавка к аргону небольшого количества кислорода или углекислого газа существенно повышает устойчивость горения дуги и улучшает формирование шва. Растворяясь в жидком металле и скапливаясь преимущественно на поверхности, кислород значительно снижает его поверхностное натяжение. Поэтому для сварки сталей применяют не чистый аргон, а смеси с кислородом или углекислым газом.

Высокие технологические свойства при сварке сталей обеспечиваются при добавке к аргону до 1 - 5 % кислорода. При применении кислорода понижается критический ток, при котором капельный перенос переходит в струйный; дуга горит стабильно, обеспечивая сварку небольших толщин. Кислород способствует увеличению плотности металла шва, улучшению сплавления, уменьшению подрезов и увеличению производительности процесса сварки. Кислород снижает содержание углерода в металле шва до более низкого уровня. Избыток кислорода в защитном газе приводит к образованию пор в металле шва.

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей может также применяться аргон с добавкой 10 - 20 % углекислого газа. Углекислый газ способствует устранению пористости в швах и улучшению формирования шва.

Широкий диапазон применяемых защитных газов обуславливает большое распространение этого способа как в отношении свариваемых металлов, так и их толщин (от 0,1 мм до десятков миллиметров).

Основными преимуществами рассматриваемого способа сварки являются следующие:

- высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа относятся: необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги; возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи газа движением воздуха или при забрызгивании сопла; потери металла на разбрызгивание, при котором брызги прочно соединяются с поверхностями шва и изделия; наличие газовой аппаратуры и в некоторых случаях необходимость водяного охлаждения горелок [7].

Из существующих видов электродуговой сварки для изготовления корпуса специализированной техники целесообразнее использовать сварку в защитных газах, так как этот вид сварки на данный момент времени характеризуется большой производительностью, высоким качеством сварных швов, мобильностью перевода от механизированного к автоматизированному и роботизированному процессу, не меняя основного сварочного оборудования. Возможность сварки широкого спектра материалов в любых пространственных положениях. Использование смесей газов и их разное соотношение дает возможность влиять на технологические свойства дуги и форму сварного шва.

1.6 Описание и выбор сварочных материалов

1.6.1 Выбор сварочной проволоки

В связи с особенностями фазовых и структурных превращений при сварке, для получения соединений с высокой стойкостью к образованию холодных трещин, а также швов с высокими пластическими свойствами и малой чувствительностью к концентраторам напряжений рекомендуется применять сварочные материалы, обеспечивающие аустенитную структуру шва. При прочности металла шва 600 МПа обеспечивается высокая работоспособность конструкций в условиях динамических и ударных нагрузок.

Для обеспечения аустенитной структуры шва в отечественной практике используют сварочную проволоку марки Св-08Х20Н9Г7Т [2, стр. 296].

Сварочная проволока имеет следующий химический состав, указанный в таблице 2. Механические свойства наплавленного металла в таблице 3.

Таблица 2 – Химический состав стали Св-08Х20Н9Г7Т, масс. % по ГОСТ 2246

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
не более 0,1	0,5-1,0	5,0-8,0	18,5-22,0	8,0-10,0	0,6-0,9	0,018	0,035

Таблица 3 – Механические свойства наплавленного металла Св-08Х20Н9Г7Т [8]

Временное сопротивление на разрыв, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Работа удара К _v при испытании на ударный изгиб при сварке в среде защитных газов (Ar+ CO ₂ 2-5%). Минимальное среднее значение, Дж	
			-20 ⁰ С	+20 ⁰ С
620	430	35	60	120

1.6.2 Выбор защитного газа

Защитный газ: CO₂

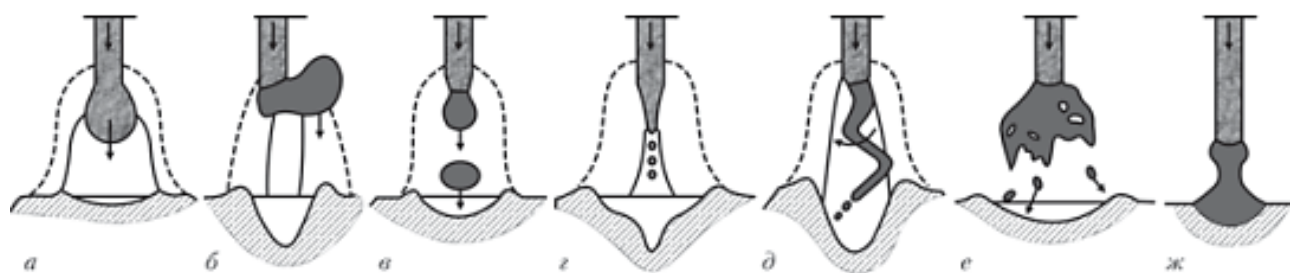
Диоксид углерода долгое время преимущественно использовали в странах Восточной Европы и развивающихся странах благодаря его относительно низкой стоимости и доступности. Однако такие существенные недостатки сварки в CO₂ серийными кремнемарганцевыми проволоками, как повышенный уровень разбрызгивания и набрызгивания электродного металла, узкое и глубокое проплавление основного металла с высоким валиком, не всегда удовлетворительные механические свойства металла шва и особенно его ударной вязкости при отрицательных температурах стали причиной того, что в последнее время и в этих странах наблюдаются устойчивые тенденции к вытеснению CO₂ смесями газов на основе аргона в тех отраслях, где уделяется повышенное внимание к показателям качества металла шва и сварных соединений. Необходимо отметить, что процесс сварки в CO₂ весьма чувствителен к изменениям параметров режимов. Для удовлетворительного формирования швов и снижения потерь металла на разбрызгивание сварку в CO₂ предпочтительнее производить проволокой малого диаметра (0,8...1,4 мм) или на малых (с короткими замыканиями) и больших токах (погруженной дугой), минуя средние режимы, на которых отмечается максимальное разбрызгивание. Например, для проволоки диаметром 2,0 мм неблагоприятные режимы находятся в диапазоне $280 \text{ A} \leq I_{\text{св}} \leq 400 \text{ A}$, $28 \text{ В} \leq U_{\text{д}} \leq 32 \text{ В}$. К сожалению, такие рекомендации трудно выполнить на практике, поскольку в производственных условиях для обеспечения высокой производительности и оптимального тепловложения при сварке металлов средних толщин требуются именно средние токи и проволоки диаметром 1,0...1,2 мм.

Защитный газ: Смеси Ar + CO₂.

Применение смесей этих газов было вызвано стремлением найти защитную среду, которая сочетала бы преимущества аргона, углекислого газа и аргоно-кислородной смеси.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Форма дуги и характер переноса электродного металла при сварке в смесях $Ar + CO_2$ существенно зависят от состава смеси. При одном и том же режиме сварки в смесях с различным содержанием CO_2 перенос электродного металла может быть капельным без коротких замыканий (рисунок 5, *а*) или с короткими замыканиями дугового промежутка (рисунок 5, *ж*), мелкокапельным (рисунок 5, *в*) и струйным (рисунок 5, *г*). при содержании 20 % CO_2 и более при токах выше критического значения форма проплавления основного металла изменяется и пальцеобразный провар (рисунок 5, *з*) исчезает. При содержании в смеси свыше 35...40 % CO_2 процесс во многом похож на сварку в чистом CO_2 , однако уровень разбрызгивания при этом ниже.



а – капельный; *б* – крупнокапельный; *в* – мелкокапельный; *г* – струйный;
д – струйно-вращательный; *е* – со взрывом капли; *ж* – с короткими замыканиями

Рисунок 5 – Влияние типа переноса электродного металла на форму проплавления по классификации МИС

Улучшение формирования шва при применении смесей $Ar + 20...25\%$ CO_2 наблюдается в широком диапазоне режимов. Высота усиления заметно меньше, чем при сварке в CO_2 , валик имеет плавный переход к основному металлу, а в диапазоне токов, при которых происходит струйный (мелкокапельный) перенос, формируется мелкочешуйчатая поверхность, как на швах, сваренных под флюсом (рисунок 6). Благоприятная форма шва, малая высота усиления и пониженный уровень потерь электродного металла на разбрызгивание обеспечивают заметное уменьшение расхода электродной проволоки на единицу длины шва. Рекомендации по оптимальному составу

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

смесей Ar + CO₂ зарубежных фирм, производящих газы, смеси, противоречивы. По-видимому, это обусловлено в основном жесткой борьбой за рынки сбыта и патентными соображениями, а также различиями в химическом составе применяемых сталей и сварочных проволок. В Европе широко рекламируется смесь Ar + 10...15 % CO₂. Однако накопленный опыт показал, что оптимальной следует считать смесь Ar + 20 % CO₂, которая обладает наилучшим сочетанием технологических и металлургических свойств. При ее применении можно избежать характерной для аргона пальцеобразной формы провара, приводящей к несплавлениям и порам, а также типичного для углекислого газа узкого и глубокого провара, опасного с точки зрения образования трещин в швах.



Рисунок 6 – Внешний вид углового шва, выполненного в смеси Ar+CO₂ проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм при $I_{св} = 260А$, $U_{д} = 28 В$

Результаты опубликованных исследований, свидетельствуют о том, что показатели механических свойств металла швов, выполненных в газовых смесях на основе аргона, соответствуют требованиям, предъявляемым к соединениям и конструкциям, работающим в условиях отрицательных температур, динамических нагрузок и других неблагоприятных факторов.

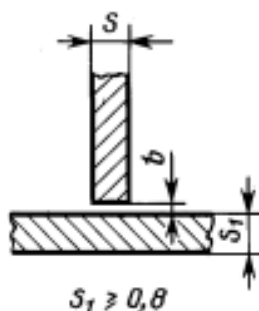
Недостатком смеси Ar + CO₂ является ее высокая цена по сравнению с чистым CO₂ и смесью Ar + O₂. Обусловлено это тем, что смесь получают из чистых газов и в отличие от аргоно-кислородной смеси ее нельзя получить

непосредственно при разделении воздуха на воздуходелительных установках. Технически и технологически приемлемым способом удешевления аргоновых смесей с CO_2 является использование в качестве исходного компонента «сырого аргона», содержащего до 5 % O_2 [9].

Исходя из всего вышеизложенного в качестве защитного газа назначим газовую смесь согласно ГОСТ Р ИСО 14175-2010: *ISO 14175 – M21 - ArC – 20*.

1.6.3 Расчет режимов сварки

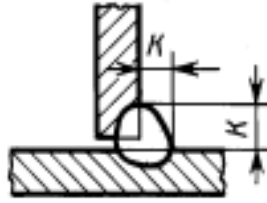
В изготовлении корпуса специализированной техники используется тип соединения Т1. Согласно ГОСТ 14771-76, соединение является тавровым односторонним, форма подготовки кромок - без скоса кромок. Конструктивные элементы подготовки кромок свариваемых деталей указаны на рисунке 7.



S, S_1 - толщина детали; b - зазор;

Рисунок 7 – Конструктивные элементы подготовки кромок свариваемых деталей по ГОСТ 14771-76

В нашем случае по ГОСТ 14771-76: толщина деталей $S = S_1 = 14$ мм, зазор $b = 0^{+1,5}$ мм. Конструктивные элементы шва сварного соединения показаны в соответствии с рисунком 8.



K – катет шва

Рисунок 8 – Конструктивные элементы шва сварного соединения по ГОСТ 14771-76

Наибольший катет сварного шва равен [42 стр.35]

$$1,2 \times S_M = 1,2 \times 14 = 16,8 \text{ мм.}$$

где S_M – толщина более тонкого элемента

Наименьший катет равен 6 мм [10, стр. 138]

Примем 8 мм.

Рассчитаем параметры режима сварки для шва Т1 катет 8, по ГОСТ 14771-76, в нижнем положении, за один проход.

Проектируемый вариант:

Защитный газ: Аргон 80% + 20% CO_2 ;

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K, \quad (3)$$

Расчетную глубину проплавления определим по формуле [11, стр. 89]

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot 8 = 5,6 \dots 8,8 \text{ мм.}$$

где K – катет шва, мм, $K = 8$.

Примем $h_p = 6$ мм, тогда диаметр электродной проволоки рассчитаем по уравнению [11, стр. 89]

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_э = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 \cdot h_p, \quad (4)$$

$$d_э = \sqrt[4]{6} \pm 0,05 \cdot 6 = 1,2 \dots 1,8 \text{ мм}$$

Примем $d_э = 1,2 \text{ мм}$

Вылет электродной проволоки произведем по формуле: [11, стр. 89]

$$l_в = 10 \cdot d_э \pm 2 \cdot d_э, \quad (5)$$

$$l_в = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 14,4 \text{ мм}$$

Примем 14 мм.

Определим площадь поперечного сечения наплавленного металла шва

$$F = 0,5K^2 + 1,05K, \quad (6)$$

[12, стр. 21]

где K – катет шва.

$$F_H = 0,5 \cdot 8^2 + 1,05 \cdot 8 = 40,4 \text{ мм}^2$$

$$I_{св} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2a}, \quad (7)$$

Рассчитаем ток сварки по формуле [13, стр. 66]

где a, b, c – коэффициенты.

$$a = -0,015 \cdot \frac{\pi \cdot d_э^2}{F_H}, \quad (8)$$

Коэффициент a определим по формуле [13, стр. 66]

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, $d_э = 1,2$;

$$a = -0,015 \cdot \frac{\pi \cdot 1,2^2}{40,4} = -0,0017$$

F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм², $F_H = 40,4$.

$$b = 0,64 + 0,06x + \frac{\pi d_э^2}{F_H} (3,34 + 0,35x - 0,01a), \quad (9)$$

Коэффициент b определим по формуле: [14, стр. 30]

где $d_э$ - диаметр электрода, мм, $d_э = 1,2$;

a - угол скоса кромок, град, $a = 45^\circ$;

F_H - площадь наплавленного металла, мм², $F_H = 40,4$

$$b = 0,64 + 0,06 \cdot 0 + \frac{\pi \cdot 1,2^2}{40,4} (3,34 + 0,35 \cdot 0 - 0,01 \cdot 45) = 0,9737$$

x - положение электрода в разделке, мм, $x = 0$.

$$c = -74,05 + 0,05a - 6,56 - \frac{\pi d_э^2}{F_H} \times \\ \times (185,97 - 0,6ax - 0,58a + 27,81x) - \\ - \frac{(1 + k)F_H}{(0,001l_э + 0,956)(0,003 \times \%CO_2 + 0,945)}, \quad (10)$$

Коэффициент c определим по формуле [14, стр. 30]

где $d_э$ - диаметр электрода, мм, $d_э = 1,2$;

a - угол скоса кромок, град. $a = 45^\circ$;

F_H - площадь наплавленного металла, мм² $F_H = 40,4$;

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

k - коэффициент площадей равен отношению площади проплавления к площади наплавки $\frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{н}}}$ (при сварке плавящимся электродом при применяемых на

практике режимах $k = 0,18 - 4,0$), $k = 0,3$;

x - положение электрода в разделке, мм, $x = 0$;

$l_{\text{э}}$ - вылет электродной проволоки, мм, $l_{\text{э}}=14$;

$$c = -74,05 + 0,05 \cdot 45 - 6,56 \cdot 0 - \frac{\pi \cdot 1,2^2}{40,4} \times \\ \times (185,97 - 0,6 \cdot 45 \cdot 0 - 0,58 \cdot 45 + 27,81 \cdot 0) - \\ - \frac{(1 + 0,3) \cdot 40,4}{(0,001 \cdot 14 + 0,956) \cdot (0,003 \cdot 20 + 0,945)} = -143,577$$

$\%CO_2$ – процентное содержание CO_2 в аргоне, $\%CO_2 = 20$ [13, стр. 64].

$$I_{\text{св}} = \frac{-0,9737 + \sqrt{0,9737^2 - 4 \cdot (-0,0017) \cdot (-143,577)}}{2 \cdot (-0,0017)} = 252 \text{ А.}$$

Расчет тока сварки по формуле (7):

Принимаем силу сварочного тока $250 \pm 10 \text{ А}$.

$$V_{\text{п.п.}} = 0,078 \cdot I_{\text{св}} - 8,32, \quad (11)$$

Скорость подачи проволоки [15, стр. 13]

где $I_{\text{св}}$ – ток сварки, А, $I_{\text{св}} = 252$.

$$V_{\text{п.п.}} = 0,078 \cdot 252 - 8,32 = 11,3 \text{ м/мин} = 678 \text{ м/ч.}$$

Примем подачу проволоки $675 \pm 30 \text{ м/ч}$.

Скорость сварки [14, стр. 31]

$$V_{CB} = \frac{\pi \cdot d_3^2 \cdot (0,078 \cdot I_{CB} - 8,32) \cdot 60}{4 \cdot F_H}, \quad (12)$$

где d_3 - диаметр электрода, мм, $d_3 = 1,2$;

I_{CB} - ток сварки, А, $I_{CB} = 252$;

F_H - площадь наплавленного металла, мм² $F_H = 40,4$.

$$V_{CB} = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \cdot (0,078 \cdot 252 - 8,32) \cdot 60}{4 \cdot 40,4} = 19 \text{ м/ч}$$

Примем скорость сварки 19 ± 1 м/ч

$$U_d = \frac{B_{\text{эф}} V_{\text{П.П.}}}{\eta_c I_{CB}}, \quad (13)$$

Напряжение [13, стр. 66]

где $B_{\text{эф}}$ - коэффициент;

$V_{\text{П.П.}}$ - скорость подачи проволоки, см/сек, $V_{\text{П.П.}} = 18,8$;

η_c - значение теплового КПД;

$$B_{\text{эф}} = \gamma_M H_{\text{пл}} \frac{(1+k)}{4} \pi d_3^2, \quad (14)$$

I_{CB} - ток сварки, А, $I_{CB} = 252$.

Значение коэффициента $B_{\text{эф}}$ определяем по формуле [13, стр. 66]

где k - коэффициент площадей, $k = 0,3$;

γ_M - удельная плотность металла, кг/м³, $\gamma_M = 7850$;

$H_{\text{пл}}$ - энтальпия при температуре плавления с учетом скрытой теплоты плавления, Дж/г, $H_{\text{пл}} = 1340$;

$$B_{\text{эф}} = 7850 \cdot 1340 \cdot \frac{(1+0,3)}{4} \cdot \pi \cdot 1,2^2 \cdot 10^{-5} = 154,66$$

$d_{э}$ - диаметр электрода, мм, $d_{э} = 1,2$ [13, стр. 64].

Значение теплового КПД процесса сварки определяется по формуле [15, стр.

$$\eta_c = (0,125 - 0,006 \cdot a + 0,018 \cdot x + 0,024 \cdot V_{св} + 0,00006 \cdot a^2 + 0,0006 \cdot x^2 - 0,0005 \cdot V_{св}^2 - 0,0005 \cdot a \cdot x + 0,00012 \cdot a \cdot V_{св}^2 - 0,00013 \cdot x \cdot V_{св}) \times (0,005 \cdot I_{св} + 0,08) \times (0,002 \cdot l_{э} + 0,95) \times (0,006 \times \%CO_2 + 0,83), \quad (15)$$

10]

где a - угол скоса кромок, град. $a = 45^\circ$;

x - положение электрода в разделке, мм, $x = 0$;

$V_{св}$ - скорость сварки, м/ч, $V_{св} = 19$;

$I_{св}$ - ток сварки, А, $I_{св} = 252$;

$l_{э}$ - вылет электродной проволоки, мм, $l_{э} = 14$;

$$\eta_c = (0,125 - 0,006 \cdot 45 + 0,018 \cdot 0 + 0,024 \cdot 19 + 0,00006 \cdot 45^2 + 0,0006 \cdot 0^2 - 0,0005 \cdot 19^2 - 0,0005 \cdot 45 \cdot 0 + 0,00012 \cdot 45 \cdot 19 - 0,00013 \cdot 0 \cdot 19) \times (0,005 \cdot 252 + 0,08) \times (0,002 \cdot 14 + 0,95) \times (0,006 \times 20 + 0,83) = 0,440$$

$\%CO_2$ - процентное содержание CO_2 в аргоне, $\%CO_2 = 20$.

Произведем расчет напряжение на дуге по формуле (13):

$$U_d = \frac{154,66 \cdot 19}{0,440 \cdot 252} = 26,3 \text{ В.}$$

Примем напряжение на дуге 26 ± 2 В.

Расход защитного газа [12, стр. 89]

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$q_{\text{газа}} = 3,3 \times 10^{-3} \times I_{\text{св}}^{0,75}, \quad (16)$$

где $I_{\text{св}}$ – ток сварки, А, $I_{\text{св}} = 252$.

$$q_{\text{газа}} = 3,3 \times 10^{-3} \times 252^{0,75} = 0,208 \text{ л/с} = 12,5 \text{ л/мин.}$$

Примем расход защитного газа 13 ± 1 л/мин.

Базовый вариант:

Защитный газ: 100% CO_2 ;

$$I_{\text{св}} = 28 + 20,823 \cdot K - 43,665 \cdot b + 34,546 \cdot b \cdot d_3 + 57,16 \cdot d_3^2, \quad (17)$$

Рассчитаем ток сварки [11, стр. 92]

где K - катет углового шва, мм, $K = 8$;

b - зазор, мм, $b = 0$;

$$\begin{aligned} I_{\text{св}} &= 28 + 20,823 \cdot 8 - 43,665 \cdot 0 + 34,546 \cdot 0 \cdot 1,2 + 57,16 \cdot 1,2^2 = \\ &= 277 \text{ А.} \end{aligned}$$

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм, $d_3 = 1,2$.

Примем ток сварки 280 ± 10 А.

Напряжение [11, стр. 92]

$$\begin{aligned} U_{\text{д}} &= 31,2 + 1,17 \cdot K - 4,317 \cdot b - 22,346 \cdot b \cdot d_3 + 2,783 \cdot b \cdot d_3 + \\ &+ 10,244 \cdot d_3^2, \end{aligned} \quad (18)$$

где K - катет углового шва, мм, $K = 8$;

b - зазор, мм, $b = 0$;

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм, $d_3 = 1,2$.

$$U_{\text{д}} = 31,2 + 1,17 \cdot 8 - 4,317 \cdot 0 - 22,346 \cdot 0 \cdot 1,2 + 2,783 \cdot 0 \cdot 1,2 +$$

$$+10,244 \cdot 1,2 = 28,5 \text{ В.}$$

Примем напряжение на дуге $29 \pm 2 \text{ В}$.

$$V_{\text{CB}} = 100,8 - 8,72 \cdot K - 9,337 \cdot b - 77,344 \cdot d_3 + 0,843 \cdot K \cdot b - \\ - 3,06 \cdot K \cdot d_3 + 0,759 \cdot K^2 + 40,909 \cdot d_3^2, \quad (19)$$

Скорость сварки [11, стр. 92]

где K - катет углового шва, мм, $K = 8$;

b - зазор, мм, $b = 0$;

$$V_{\text{CB}} = 100,8 - 8,72 \cdot 8 - 9,337 \cdot 0 - 77,344 \cdot 1,2 + 0,843 \cdot 8 \cdot 1,2 - \\ - 3,06 \cdot 8 \cdot 1,2 + 0,759 \cdot 8^2 + 40,909 \cdot 1,2^2 = 16,3 \text{ м/ч.}$$

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм, $d_3 = 1,2$.

Примем скорость сварки $16 \pm 1 \text{ м/ч}$.

Скорость подачи проволоки [11, стр. 92]

$$V_{\text{ПП}} = 1364 + 82,594 \cdot K - 76,973 \cdot b - 1780,6 \cdot d_3 - \\ - 31,81 \cdot K \cdot d_3 + 57,015 \cdot b \cdot d_3 + 616,33 \cdot d_3^2, \quad (20)$$

где K - катет углового шва, мм, $K = 8$;

b - зазор, мм, $b = 0$;

$$V_{\text{ПП}} = 1364 + 82,594 \cdot 8 - 76,973 \cdot 0 - 1780,6 \cdot 1,2 - \\ - 31,81 \cdot 8 \cdot 1,2 + 57,015 \cdot 0 \cdot 1,2 + 616,33 \cdot 1,2^2 = 470,2 \text{ м/ч.}$$

d_3 - диаметр электродной проволоки, мм, $d_3 = 1,2$.

Примем скорость подачи проволоки $470 \pm 30 \text{ м/ч}$.

Расход защитного газа рассчитаем по формуле (16):

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{газа}} = 3,3 \times 10^{-3} \times 277^{0,75} = 0,224 \text{ л/с} = 13,4 \text{ л/мин.}$$

Примем расход защитного газа: 14 ± 1 л/мин.

Результаты сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Параметры режима сварки

Вариант	$I_{\text{св}}, \text{ А}$	$U_{\text{д}}, \text{ В}$	$V_{\text{п.п.}}, \text{ м/ч}$	$V_{\text{св.}}, \text{ м/ч}$	$q_{\text{газа}}, \text{ л/мин}$
Проектируемый	250 ± 10	26 ± 2	675 ± 30	19	13
Базовый	280 ± 10	28 ± 2	470 ± 30	16	14

1.6.4 Расчет норматива расхода сварочных материалов

Расход сварочных материалов сварного соединения Т1, катет 8, по ГОСТ 14771-76, сварочная проволока диаметром 1,2 мм, количество проходов – 1.

Проектируемый вариант:

Режим сварки: $I_{\text{св}} = 240-260 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 25-28 \text{ В}$, $V_{\text{св}} = 18-20 \text{ м/ч}$. Защитный газ: Аргон 80% + 20% CO_2

$$H_p = M \cdot k_p, \quad (21)$$

Норматив расхода сварочной проволоки вычислим по формуле [11, стр. 7] где M - масса наплавленного металла, дифференцированная по типу сварного соединения и толщине свариваемого металла, кг;

k_p - коэффициент расхода проволоки, учитывающий неизбежные ее потери, дифференцированные по диаметру применяемой проволоки и виду применяемого защитного газа, $k_p = 1,015$ [16].

$$M = F \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (22)$$

Массу наплавленного металла вычислим по формуле [12, стр. 7]

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

где F - площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм^2 , $F = 40,4$;

ρ - плотность металла г/см^3 , $\rho = 7,85$;

$$M = 40,4 \cdot 7,85 \cdot 9,9 \cdot 10^{-3} = 3,139 \text{ кг.}$$

L - длина шва, м, $L = 9,9$.

Расход сварочной проволоки исходя из формулы (21) составит:

$$H_p = 3,139 \cdot 1,015 = 3,186 \text{ кг.}$$

Основное время сварки для одного метра шва [17, стр. 353]

$$T_o = \frac{60}{V_{\text{св}}}, \quad (23)$$

где $V_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/ч, $V_{\text{св}} = 19$.

$$T_o = 60/19 = 3,15 \text{ мин.}$$

Время на подготовительно-заключительные операции $T_{\text{пз}} = 0,2$ мин.

Норматив расхода газа на один метр определим по формуле [12, стр. 9]

$$H_r = H_{\text{уг}} \times (T_o + T_{\text{пз}}), \quad (24)$$

где $H_{\text{уг}}$ – удельный расход защитного газа, $\text{м}^3/\text{с}$ (л/мин), $H_{\text{уг}} = 12,5$;

T_o – основное время сварки, мин, $T_o = 3,15$;

$$H_r = 12,5 \times (3,17 + 0,2) = 42,1 \text{ л/мин.}$$

$T_{\text{пз}}$ время на подготовительно-заключительные операции, мин, $T_{\text{пз}} = 0,2$.

Норматив расхода газа на один метр шва в килограммах производится по формуле:

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$H_{rk} = \frac{H_r}{509}, \quad (25)$$

где H_r – норматив расхода газа за один метр, л/мин, $H_r = 42,1$;

$$H_{rk} = \frac{42,1}{509} = 0,081 \text{ кг.}$$

509 – соотношение – из 1 кг испаряется 509 л.

Базовый вариант:

Режим сварки: $I_{св} = 270-290$ А, $U_{д} = 28-30$ В, $V_{св} = 15 - 17$ м/ч. Защитный газ: 100% CO_2 . Коэффициент расхода проволоки, в CO_2 составит $k_p = 1,15$ [16].

$$M = 40,4 \cdot 7,85 \cdot 9,9 \cdot 10^{-3} = 3,139 \text{ кг.}$$

Массу наплавленного металла вычислим по формуле (22):

Норматив расхода сварочной проволоки рассчитаем по формуле (21):

$$H_p = 3,139 \cdot 1,15 = 3,609 \text{ кг.}$$

Основное время сварки для одного метра шва определим по формуле (23):

$$T_o = 60 / 16,3 = 3,68 \text{ мин.}$$

Норматив расхода газа на один метр определим по формуле (24):

$$H_r = 13,5 \times (3,68 + 0,2) = 52,3 \text{ л/мин.}$$

Норматив расхода газа на один метр шва в килограммах производится по формуле (25):

$$H_{rk} = \frac{52,3}{509} = 0,101 \text{ кг.}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 5.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5 – Расход сварочных материалов и основного времени

Вариант	Расход проволоки за 9,9 м. шва, H_p , кг	Расход газа за 1 м. шва, H_{rk} , кг	Основное время сварки за 1 м. шва, T_o , мин.
Проектируемый	3,186	0,082	3,15
Базовый	3,609	0,101	3,68

1.7 Технология сборки и сварки корпуса типа «Колпак» со станком орудия

Маршрутно-технологическая карта представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Маршрутно-технологическая карта

№	Название операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Транспортировка	Доставка металла со склада на заготовительные участки цеха	Электромостовой кран общего назначения. Грузоподъемность 20 т; Пролет крана 18 м.
2	Термическая резка	Резка листа на заготовки, согласно чертежей	Портальная машина разделительной кислородной резки Vanad Bluester 25.
3	Правка и чистка заготовки после резки	Очистка заготовок осуществляется механическим путем с помощью вертикально- угловой шлифовальной машины	Многовалковая листопрямляющая машина LP4. Вертикальная угловая шлифовальная машина. Модель 53233
4	Сборка станка	<ol style="list-style-type: none"> 1) Уложить в кондуктор станда с помощью грузоподъемного механизма левую (правую) щеку станка (поз. 1 рисунка 9), прижимая нижнюю часть щеки к упору. 2) Позиционировать щеку, что бы совпало технологическое отверстие щеки с отверстием направляюще-зажимную фиксатора кондуктора. 3) Вставить направляюще-зажимную втулку в технологическое отверстие щеки и кондуктора. 4) Закрепить направляюще-зажимную втулку прижимным болтом. 5) Закрепить поворотные механические зажимы кондуктора на щеке. 6) Повернуть станд на 180°. 7) Уложить в кондуктор станда с помощью грузоподъемного механизма левую (правую) щеку станка (поз. 1 рисунка 9), прижимая нижнюю часть щеки к упорной планке. 8) Позиционировать щеку, что бы совпало технологическое отверстие 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Грузоподъемный механизм. 2) Станд для сборки станка орудия. 3) Кувалда, ключи для фиксации зажимов станда

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

44

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
		<p>щеки с отверстием направляюще-зажимную фиксатора кондуктора.</p> <p>9) Вставить направляюще-зажимную втулку в технологическое отверстие щеки и кондуктора.</p> <p>10) Закрепить направляюще-зажимную втулку прижимным болтом.</p> <p>11) Закрепить поворотные механические зажимы кондуктора на щеке.</p> <p>12) Повернуть стенд на 90°, чтобы технологические отверстия были в верхнем положении.</p> <p>13) Уложить верхнюю (поз. 3 рисунка 9) и нижнюю (поз.2 рисунка 9) планку в кондуктор прижимая их к упорам.</p> <p>14) Зафиксировать поворотными механическими зажимами верхнюю и нижнюю планки.</p>	
5	Сварка станка	<p>1) Повернуть стенд на 90°.</p> <p>2) Сварить три шва С 2 и один шов Т1 по ГОСТ 14771-76, согласно конструкторской документации. 3) Произвести зачистку стыковых швов заподлицо.</p> <p>4) Повернуть стенд на 180°.</p> <p>5) Сварить три шва С 2 и один шов Т1 по ГОСТ 14771-76, согласно конструкторской документации.</p> <p>6) Произвести зачистку стыковых швов заподлицо</p> <p>7) Повернуть стенд на 90°.</p> <p>8) Снять крепежные элементы кондуктора.</p> <p>9) Убрать станок орудия со стенда</p>	<p>1) Стенд для сборки станка орудия.</p> <p>2) Сварочная роботизированная система дуговой сварки.</p> <p>3) Источник сварочного тока: Aristo Mig 5000iw.</p> <p>4) Механизм подачи проволоки RoboFeed 3004w ELP.</p> <p>Режимы сварки: $I_{св}: 250 \pm 10 \text{ А};$ $U_{д}: 26 \pm 2 \text{ В};$ $V_{п.п.}: 675 \text{ м/ч};$ $Q_{газа}: 13 \text{ л/мин};$ $V_{св}: 19 \text{ м/ч}$</p> <p>5) Вертикальная угловая шлифовальная машина. Модель 53233</p> <p>6) Грузоподъемный механизм.</p>
6	Сборка корпуса со станком	<p>1) Уложить нижний лист корпуса (поз.1 рисунка 10) в кондуктор стенда в соответствии с упорами.</p> <p>2) Закрепить нижний лист зажимами к кондуктору.</p> <p>3) Установить станок орудия (поз. 6 рисунка 10) в кондуктор стенда в соответствии с направляющими и упорами.</p>	<p>1) Грузоподъемный механизм.</p> <p>2) Стенд для сборки станка орудия с корпусом.</p> <p>3) Кувалда, ключи для фиксации зажимов стенда.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

45

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
		<p>4) Закрепить станок орудия зажимами кондуктора. 5) Установить нижние лобовые листы (поз. 7 рисунка 10) в стенд кондуктора. 6) Закрепить нижние лобовые листы зажимами кондуктора. 7) Установить верхние лобовые листы (поз. 3 рисунка 10) в стенд кондуктора. 8) Зафиксировать верхние лобовые листы зажимами кондуктора. 9) Установить и зафиксировать листы левого и правого борта корпуса (поз. 2 и поз. 4 рисунка 10) 10) Установить и закрепить листы кормы корпуса. 11) Установить и закрепить потолочные листы корпуса (поз. 5 рисунка 10).</p>	
7	Сварка корпуса со станком орудия	<p>1) Повернуть стенд на 90°. 2) Сварить наружный шов (рисунок 11, а) нижнего лобового и верхнего лобового листов корпуса, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия. 3) Сварить внутренний шов (рисунок 11, б) нижнего, нижнего лобового, верхнего лобового, потолочного листа корпуса, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия. 4) Повернуть стенд на 180°. 5) Сварить наружный шов (рисунок 11, а) нижнего лобового и верхнего лобового листов корпуса, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия. 6) Сварить внутренний шов (рисунок 11, б) нижнего, нижнего лобового, верхнего лобового, потолочного листа корпуса, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия. 7) Повернуть стенд на 90°. 8) Сварить наружный шов (рисунок 11, в) потолочного листа и внутренний нижнего, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия. 9) Повернуть стенд на 180°. 10) Сварить внутренний шов (рисунок 11, з) потолочного листа и наружный</p>	<p>1) Стенд для сборки корпуса со станком орудия. 2) Сварочная роботизированная система дуговой сварки. 3) Источник сварочного тока: Aristo Mig 5000iw. 4) Механизм подачи проволоки RoboFeed 3004w ELP. Режимы сварки: $I_{св}: 250 \pm 10 \text{ А};$ $U_{д}: 26 \pm 2 \text{ В};$ $V_{п.п.}: 675 \text{ м/ч};$ $Q_{газа}: 13 \text{ л/мин};$ $V_{св}: 19 \text{ м/ч}$ 5) Грузоподъемный механизм.</p>

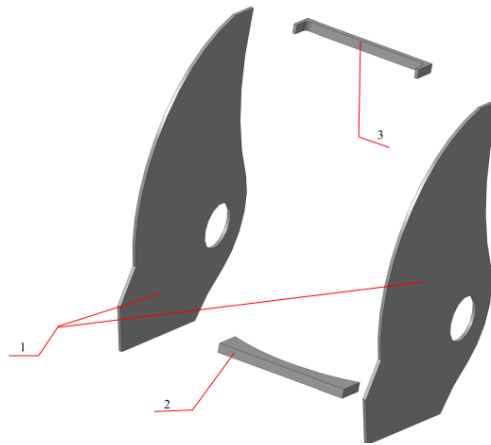
		нижнего, по ГОСТ 14771-76 - Т1 катетом 8, со станком орудия.	
--	--	--	--

Окончание таблицы 6

1	2	3	4
		11) Повернуть стенд на 180°. 12) Снять крепежные элементы кондуктора 13) Убрать корпус со стенда.	
8	Термообработка	Отжиг для снятия внутренних напряжений	Отжиг проводится в диапазоне температур 600-650° С с последующим медленным охлаждением с печью. Время выдержки при заданной температуре после полного прогрева составляет 1-2 ч. В нейтральной атмосфере
9	Очистка корпуса	Тщательная очистка сварных швов от брызг	Молоток, зубило, вертикальная угловая шлифовальная машина. Модель 53233
10	Контроль	Контроль качества заключается в проверке соответствия показателей качества продукции установленным требованиям. 1) Измерение и внешний осмотр сварных швов на наличие поверхностных дефектов (трещины подрезы, не заваренные кратера и нарушение геометрической формы т.д.), 2) Керосиновая проба – проводится для определения плотности сварных швов.	1) Набор катетометров сварщика КМС -3-16 2) Доступную для осмотра сторону шва покрывают водной суспензией мела или каолина и подсушивают. Противоположную сторону смачивают 2-3 раза керосином. Проницаемость обнаруживают по жирным желтым пятнам на поверхности, покрытой мелом или каолином

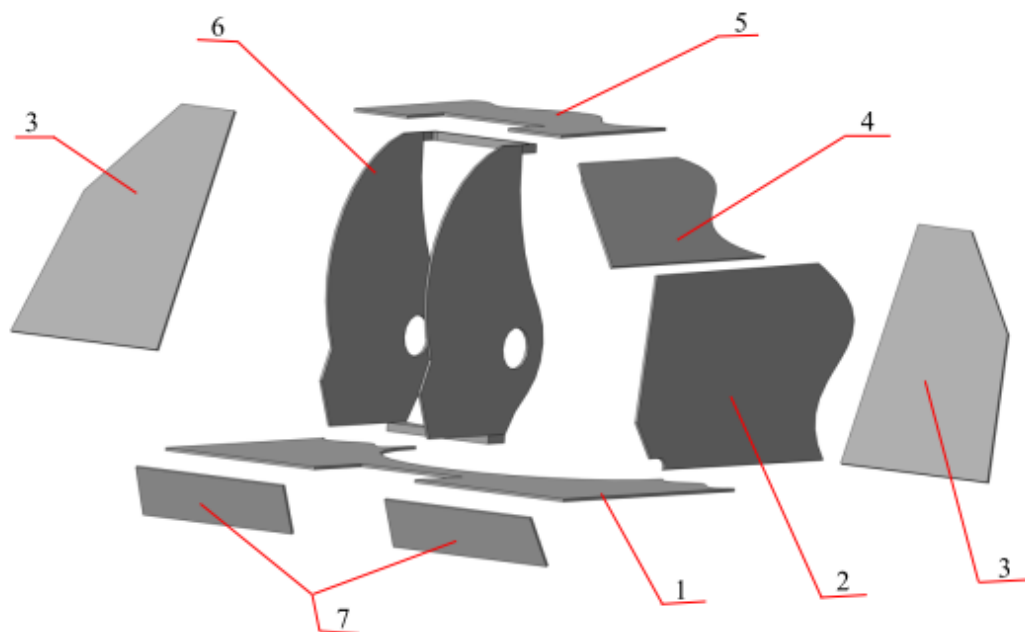
										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ



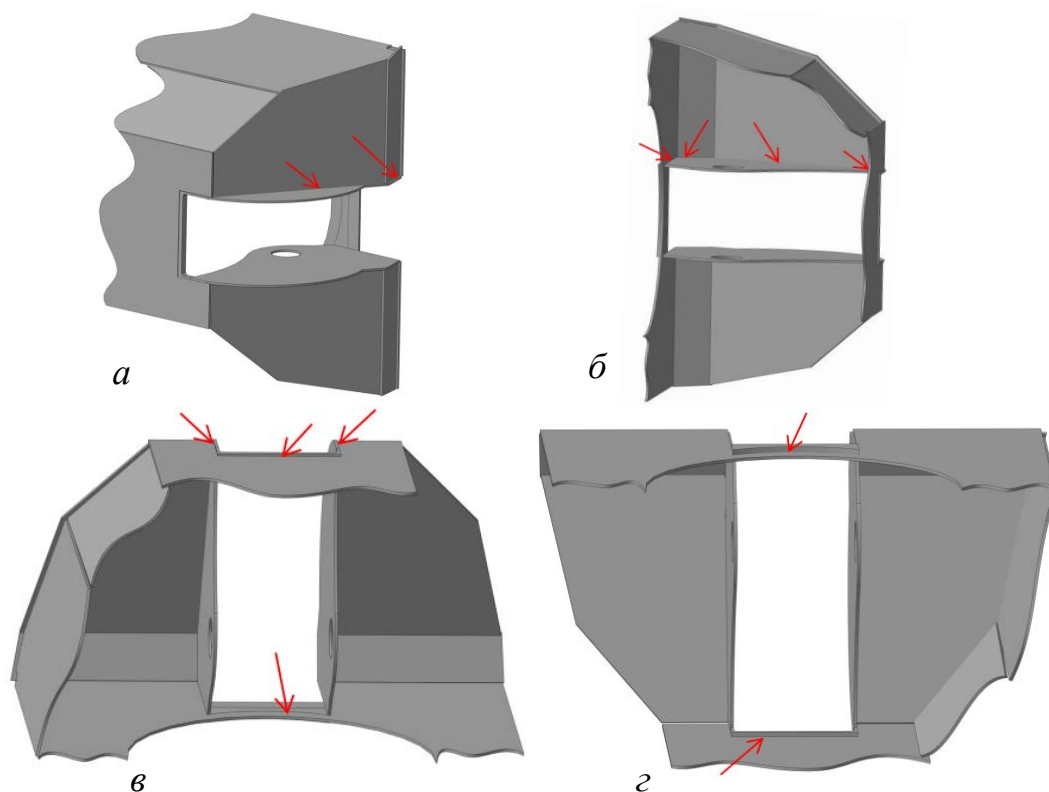
1 – щеки; 2 – нижняя планка; 3 – верхняя планка

Рисунок 9 – Детализовка станка орудия



1 – нижний лист; 2 – нижний лист борта; 3 – верхний лобовой лист; 4 – верхний лист борта; 5 – потолочный лист; 6 – станок орудия; 7 – нижний лобовой лист.

Рисунок 11 – Детализовка сборки корпуса со станком орудия



Стрелочками показаны сварные швы

Рисунок 10 – Положение корпуса при сварке

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

48

1.7.1 Оборудование для сборки-сварки

Промышленный робот IRB 1520ID

Промышленный робот IRB 1520ID предназначен для дуговой сварки, он оснащен контроллером (шкаф управления) IRC5 и программным обеспечением для управления роботом RobotWare. Технические характеристики указаны в таблице 7. Оси манипулятора показаны на рисунке 12. Габаритные размеры и размеры расположения осей представлены на рисунке 13. Области установки оборудования, не должны превышать указанных на рисунке 14. Максимальный вес областей: А = 20 кг, В = 10 кг, С = 15 кг, В+С=25 кг. Рабочие диапазоны досягаемости и точки позиционирования манипулятора представлены в таблице 8 и на рисунке 15 [18].

Таблица 7 - Технические характеристики робота IRB1520ID

Основная специализация	Дуговая сварка		
Грузоподъемность кисти	4 кг		
Дополнительная нагрузка на ось 3	10 кг		
Максимальный вылет	1,50 м		
Количество осей	6		
Способ установки	напольный, подвесной потолочный, подвесной настенный		
Размеры основания робота	300 x 300 мм		
Масса	170 кг		
Точность позиционирования положения (RP) согласно ISO 9283	0,05 мм		
Точность позиционирования пути (RT) согласно ISO 9283	0,35 мм		
Напряжение питания	380 В		
Потребляемая мощность	0,6 кВт		
Скорость перемещения по осям			
Движения оси		Рабочий диапазон	Максимальная скорость
А	Ось 1	+ 170 ° до -170 °	130 ° / с
В	Ось 2	+ 150 ° до -90 °	140 ° / с
С	Ось 3	+ 80 ° до -100 °	140 ° / с
Д	Ось 4	+ 155 ° до -155 °	320 ° / с
Е	Ось 5	+ 135 ° до -135 °	380 ° / с
Ф	Ось 6 *	+ 200 ° до -200 °	460 ° / с
* + 288 об. До -288 об. Макс.			

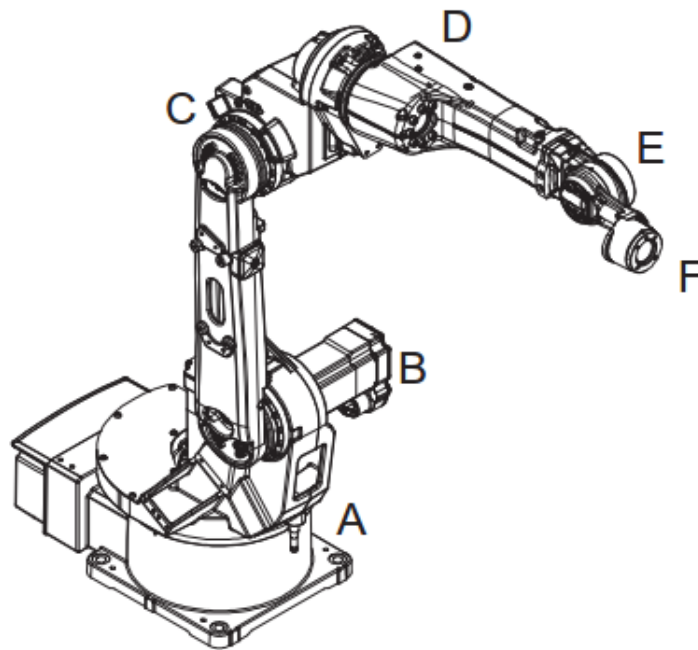
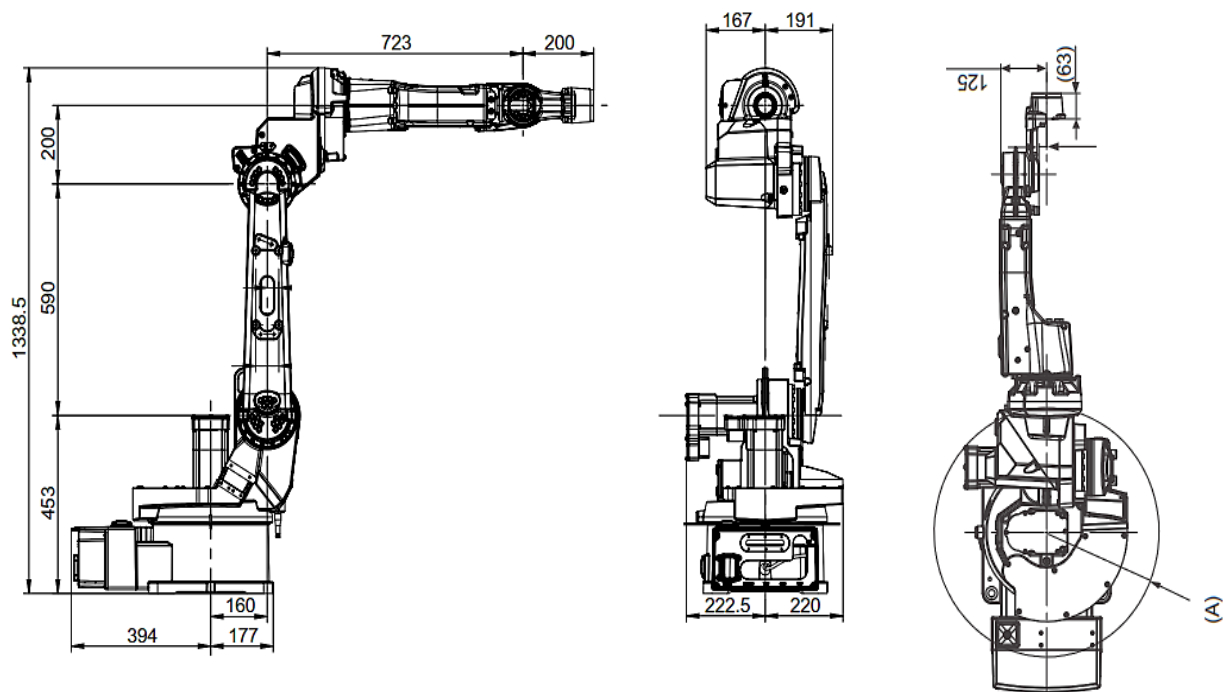


Рисунок 12 – Оси манипулятора



A – минимальный радиус поворота R=307 мм.

Рисунок 13– Габаритные размеры

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

50

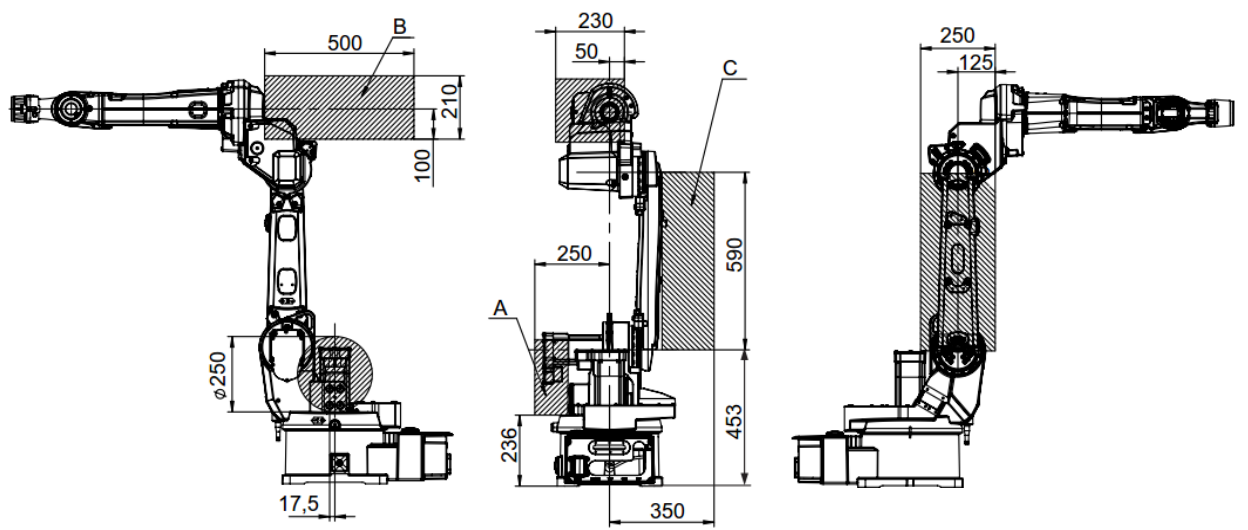


Рисунок 14 – Области установки оборудования

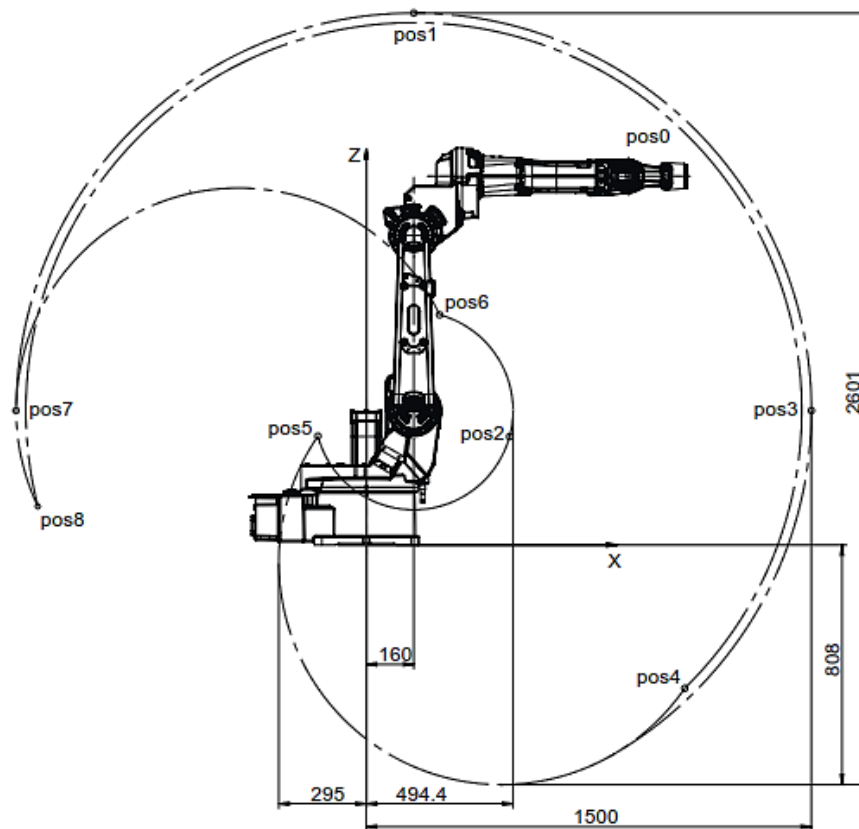


Рисунок 15 – Рабочий диапазон досягаемости и точки позиционирования

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

51

Для робота IRB 1520 ID имеются различные конфигурации сварочного оборудования. В нашем случае возьмем конфигурацию сварочного оборудования, с водяным охлаждением предложенную компанией ESAB, оборудование представлено на рисунке 17 [20].

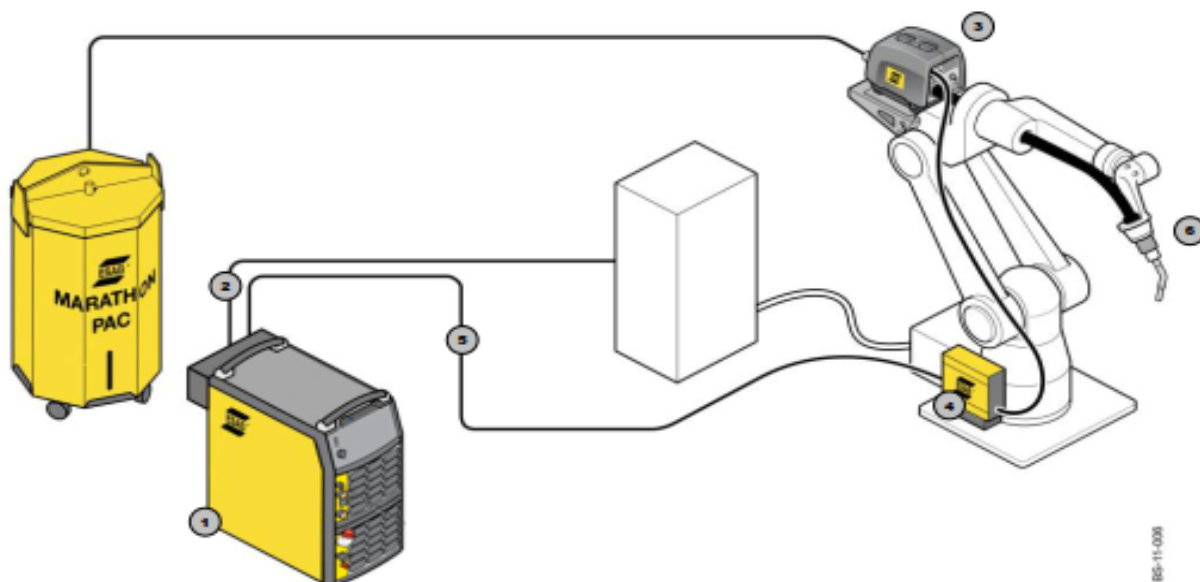


Рисунок 17 - Комплект сварочного оборудования для робота IRB 1520 ID компании ESAB

1) Источник питания сварочной дуги: Aristo® Mig 5000iw со встроенным блоком W8₂ для обмена данными со шкафом управления робота (IRC5). Технические характеристики источника указаны в таблице 9, блока W8₂ в таблице 10.

2) Соединительный кабель 7,5 м (W8₂, встроенный в ABB IRC5)

3) Устройство подачи сварочной проволоки: Aristo® RoboFeed 3004 HW с соединительным кабелем к источнику питания. Технические характеристики указаны в таблице 11.

4) Оборудование для управления технологическим процессом: Aristo® Feed Control 3004 HW с комплектом кабелей и кронштейнов. Технические характеристики указаны в таблице 12.

5) Кабельный пакет: Источник питания → FeedControl

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП.44.03.04.555 ПЗ

б) Сварочная горелка для полого запястья: Aristo® RT 62W, технические характеристики указаны в таблице 13.

Таблица 9 – Технические характеристики Aristo Mig 5000i версии 400 V [21]

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания	3 x 400 ± 10 % В
Частота питающей сети	50/60 Гц
Допустимая нагрузка 10 мин/40°C 60% рабочий цикл (ПВ) 100% рабочий цикл (ПВ)	500 А / 39 В 400 А / 34 В
Пределы регулирования силы тока и сварочного напряжения MIG/MAG	8 – 60 В / 16 – 500 А
Напряжение холостого хода	72...88 В
КПД при максимальном токе	87%
Коэффициент мощности при максимальном токе	0,91
Потребляемая мощность холостого хода в режиме энергосбережения, 6,5 мин после сварки	50 Вт
Рабочая температура	- 10...+ 40 °С
Габаритные размеры (Д x Ш x В) с блоком охлаждения	625 x 394 x 496 мм 625 x 394 x 776 мм
Масса с блоком охлаждения	68 кг 88 кг
Класс защиты корпуса	IP 23
Класс применения	S
Блок охлаждения	
Мощность охлаждения	2,0 кВт при разнице температур 40° С и расходе 1,0 л/мин
Охлаждающая жидкость	50% вода / 50% моно этиленгликоля
Количество охлаждающей жидкости	5,5 л
Максимальный расход воды	2,0 л/мин
Максимальное количество сварочных пистолетов / горелок с водяным охлаждением, которое может быть подсоединено	2 сварочных горелки MIG или одна сварочная горелка TIG и одна сварочная горелка MIG

Таблица 10 – Технические характеристики блока W8₂ [22]

Наименование параметра	Значение
Входное напряжение	42 В; 50/60 Гц
Источник питания (от работа)	24 В постоянного тока
Система связи	CANbus
Размеры, Д x Ш x В.	366 x 101 x 159 мм
Класс защиты	IP23
Рабочая температура	- 10...+ 40 °С
Вес	4 кг

Таблица 11 – Технические характеристики Aristo Robo Feed 3004 HW [23]

Наименование параметра	Значение
Напряжение двигателя	60 В
Ток двигателя I _{max}	8 А
Скорость подачи проволоки	0,8 - 30,0 м / мин
Диаметр проволоки	
Сталь	0,8-1,6 мм
Алюминий	1,0-1,6 мм
Порошковая проволока	0,8-1,6 мм
Максимальное давление защитного газа	0,5 МПа (5 бар)
Допустимая нагрузка 10 мин / 40 °С	
60% рабочий цикл (ПВ)	500 А
100% рабочий цикл (ПВ)	280 А
Вес	5,4 кг
Размеры (Д x Ш x В)	251 x 182 x 221 мм
Рабочая температура	-10 до + 40 °С
Класс защиты	IP2X - предназначен для использования внутри помещений.

Таблица 12 – Технические характеристики Aristo Feed Control 3004 HW [23]

Наименование параметра	Значение
Напряжение двигателя	42 В
Частота питающей сети	50/60 Гц
Потребляемая мощность	378 ВА
Ток двигателя I _{max}	9,0 А
Вес	4,9 кг
Рабочая температура	от -10 до + 40 °С
Охлаждающая жидкость	50% воды и 50% моноэтиленгликоля
Максимальное давление охлаждающей жидкости	0,5 МПа (5 бар)
Размер (Д x Ш x В)	330 x 118 x 320 мм
Максимальное давление защитного газа	0,5 МПа (5 бар)

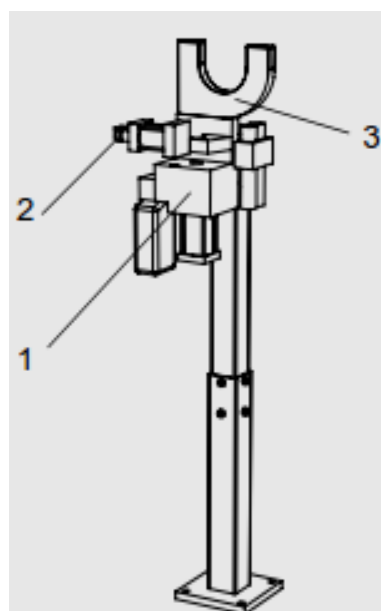
Таблица 13 – Технические характеристики сварочной горелки RT 62W [22]

Наименование параметра	Значение
Угол загиба гусака горелки	0°; 22°; 36°; 45°
Тип охлаждения горелки	водяное
Допустимая нагрузка в смеси газов 100% рабочий цикл	450 А
Способ крепления горелки:	
1. KS - 1 с датчиком столкновения	
2. FL - 1 (опция) требуется программное обеспечение робота от столкновений	

Центр обслуживания горелки

Станция очистки сопла сварочной горелки предназначена для автоматического удаления брызг из сопла горелки и автоматического распыления сварочной жидкости анти-брызги в сопло сварочной горелки. Станция очистки сопла дополнительно может комплектоваться калибровочным блоком и автоматическими кусачками сварочной проволоки. Рассмотрим многофункциональный центр обслуживания горелки модели TSC (рисунок 18), она состоит из очистителя сопла ТС 96 и блока измерения центральной точки инструмента TSP. Регулярная проверка TSP необходима, т.к. горелка может оказаться в неправильном положении из-за следующих причин:

- удар, испытанный роботом из-за неправильного программирования;
- задевание роботом зажима, оставленного в неправильном положении;
- колебания температуры окружающей среды, например, дневные перепады;
- изношенный контактный наконечник, вызывающий неправильное расположение сварного шва.



1 – Очиститель сопла; 2 – кусачки для сварочной проволоки;
3 – блок измерения (калибровочный блок)

Рисунок 18 - Станция очистки сопла сварочной горелки TSC

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

56

Робот продолжит дальнейшую работу, если ТСП находится в пределах заданных допусков. В противном случае робот останавливается и сообщает оператору об ошибке. В очиститель сопла ТС входит: стенд, прижимная призма для зажима сопла сварочной горелки, резак с приводным двигателем и блоком подачи фрезы, распылительный блок с резервуаром для жидкости анти-брызги, кусачки для сварочной проволоки, воздушный контур. Технические характеристики ТСП представлены в таблице 14 [24], [25].

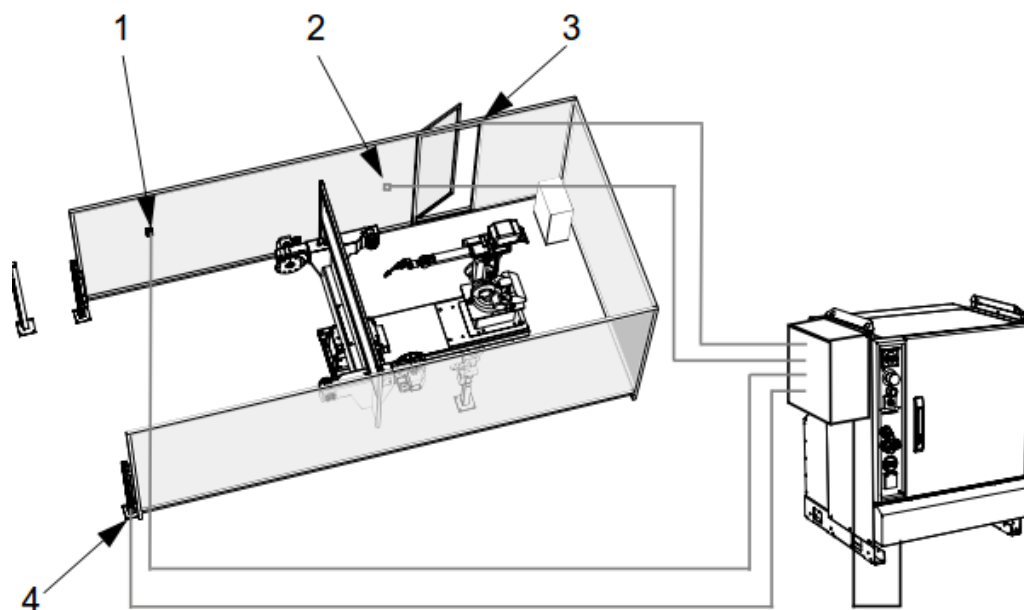
Таблица 14 – Технические характеристики станции очистки сопла ТСП

Наименование параметра	Значение
Управляющее напряжение	24 В ток постоянный
Соединение для подвода воздуха	¼ дюйма
Давление в воздушной системе	5-10 бар
Прижимной цилиндр	Диаметр 45 ход 36 мм усилие 790 Н при давлении 5 бар
Наружный диаметр сопла горелки	20 – 34 мм Регулируется с помощью прокладочных пластин
Фреза, V-образная и прокладочная пластины подбираются исходя из наружного диаметра горелки	
Воздушный двигатель	
n	950 об/мин
Md	3 Нм
Ход	45 мм
Вал	Диаметр 9 x 16
Расход воздуха	25 л/мин
Диаметр сварочной проволоки для резки	
Диаметр 1 мм, сталь	Минимальное давление воздуха 5 бар
Диаметр 1,2 мм, сталь	Минимальное давление воздуха 6 бар
Диаметр 1,2 мм, алюминий	Минимальное давление воздуха 5 бар
Габаритные размеры, Д x Ш x В	439 x 300 x 1430 мм
Вес	33 кг

Система безопасности

Для обеспечения безопасной работы персонала в роботизированных комплексах дуговой сварки, применяется система безопасности. Схема безопасности показана на рисунке 19, в нее входят защитное ограждение рабочей области робота, световые барьеры, кнопка предварительного сброса, блокировки ворот, кнопка отключения наблюдения за воротами, блок

оборудования безопасности интегрированным в систему шкафа управления роботом [19].



1 – кнопка предварительного сброса; 2 – отключение наблюдения за воротами; 3 – блокировка ворот; 4 – световые барьеры

Рисунок 19 - Схема системы безопасности

Панель оператора

Для связи оператора с системой роботов для дуговой сварки существует панель оператора рисунок 20.

1) Кнопка экстренной остановки - нажатие кнопки немедленно останавливает всю систему сварочных роботов.

2) Разрешение на вход – когда горит зеленый индикатор это указывает, что станция готова для загрузки следующей заготовки. Допускается вход в контролируемую зону.

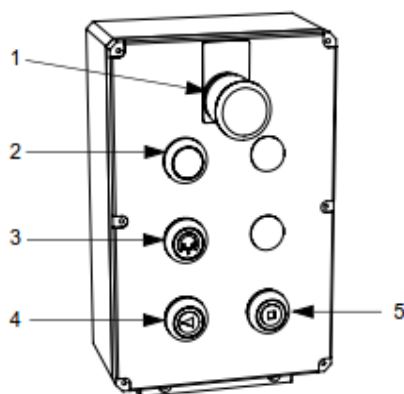
3) Начало процесса – нажатия кнопки после загрузки заготовки, приводит к загоранию индикаторной лампы в кнопке и дает сигнал готовности робота к работе (загрузка заготовки завершена). Сбрасывает защиту персональной безопасности вокруг рабочей зоны. Запускает процесс.

Нажатие кнопки еще раз – приводит к отключению индикаторной лампы в кнопке, к отмене готовности и остановке процесса.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4) Запуск программы – запускает выполнение программы робота. Включает перезапуск сварки.

5) Остановка программы – останавливает выполнение программы робота [26].



1 – аварийная остановка; 2 – разрешение на вход; 3 – начало процесса, сброс (функция переключения); 4 – запуск программы; 5 – остановка программы

Рисунок 20 - Панель оператора с одной рабочей зоной

Дорожка робота

Дорожка предназначена для размещения робота и перемещение его в рабочей зоне рисунок 21. Стандартные длины дорожки: 1,7; 2,7; 3,7; 4,7; 5,7; 6,7; 7,7; 8,7; 9,7; 10,7; 11,7 [19].

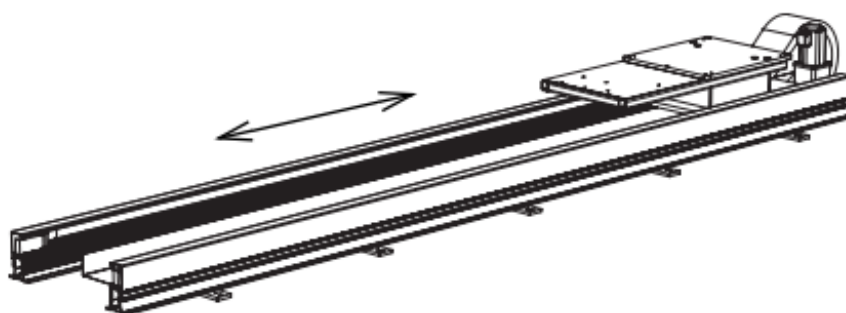


Рисунок 21 - Дорожка для робота

Система управления IRC 5

Система управления предназначена для управления роботом, сварочным оборудованием, позиционером, оборудованием системы безопасности и всем другим периферийным оборудованием рисунок 22. Технические

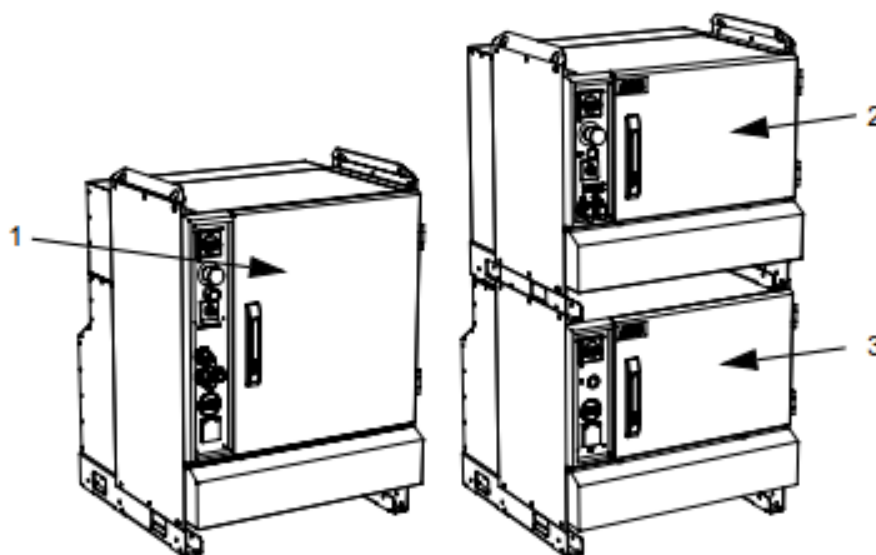
характеристики представлены в таблице 15. Система управления IRC 5 доступна в двух

исполнениях:

- SCC – один шкафа управления;
- DCC - два шкафа управления.

Система управления может состоять из:

- Одного модуля управления
- Одного или нескольких модулей привода. Общее количество модулей привода зависит от общего числа роботов в системе [19].



1 – SCC; 2 – DCC (модуль управления); 3 – DCC (модуль привода)

Рисунок 22 - Модуль управления IRC 5 для одного робота SCC или DCC

Таблица 15 - Технические характеристики IRC5 Single Cabinet Controller [27]

Наименование параметра	Значение
Отдельный шкаф управления, Д x Ш x В / Вес	970 x 725 x 710 мм / 150 кг
Модуль привода Multi Move, Д x Ш x В / Вес	720 x 725 x 710 мм / 130 кг
Напряжение питания:	3 фазы 200-600 В, 50-60 Гц
Уровень защиты (каналы охлаждения)	IP54 (IP33)
Температура окружающей среды:	0-45 ° C (опция 0-52 ° C)
Относительная влажность:	Максимум. 95% без конденсации
Возможность расширения безопасности	Электронное переключение 5 выходов контролируемых 1-7 осей
Безопасность перемещения	Контроль стояния, скорости, положения и

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

	ориентации (робота и дополнительных осей): 8 безопасных входов для активации функций, 8 безопасных выходов контроля
--	--

Датчик поиска швов SmarTac и контроллер сварки (AWC) для отслеживания сварного шва.

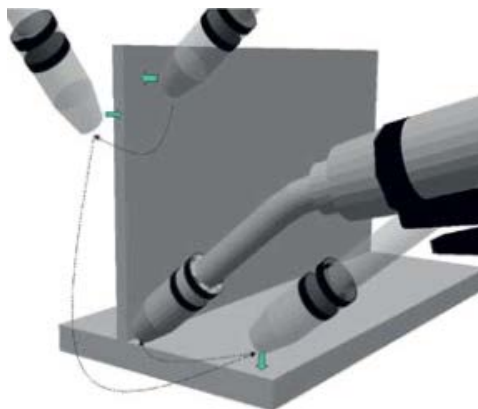


Рисунок 23 - Датчик поиска швов SmarTac корректирует отклонения заготовки от заданного положения

SmarTac (рисунок 23) – это гибкая универсальная система поиска и определения местонахождения сварных швов, адаптирующая запрограммированную траекторию робота путем корректировки отклонений заготовки от заданного положения. Она заряжает газовое сопло электрическим зарядом в режиме поиска. При контакте сопла с заготовкой SmarTac посылает сигнал остановки в систему управления робота. После сравнения фактического положения заготовки с запрограммированным сварочная программа адаптируется к фактическому положению. SmarTac в значительной степени позволяет предотвратить проблемы качества, вызванные отклонениями заготовок. Поскольку действие системы SmarTac основано на электрическом контакте между соплом и заготовкой, ее можно использовать только для неокрашенных проводящих материалов.

AWC является сочетанием контроллера процесса и системы отслеживания «через дугу», объединенных в контроллере робота (рисунок 24). Контроллер сварки AWC предназначен для отслеживания колебаний. Он

контролирует и отслеживает смещение шва и процесс сварки. АВС замеряет сварочный ток и напряжение, синхронизированные со схемой поперечных колебаний робота, и дает сигналы контроллеру робота для корректировки по вертикали и горизонтали, чтобы обеспечить последовательное заполнение сварного шва [28].

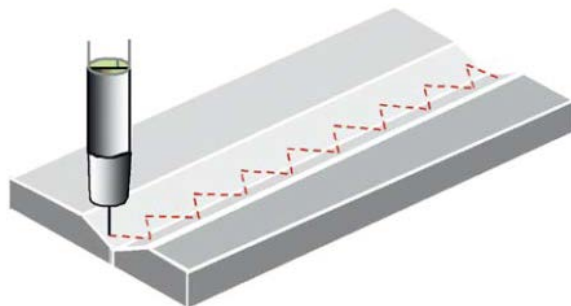
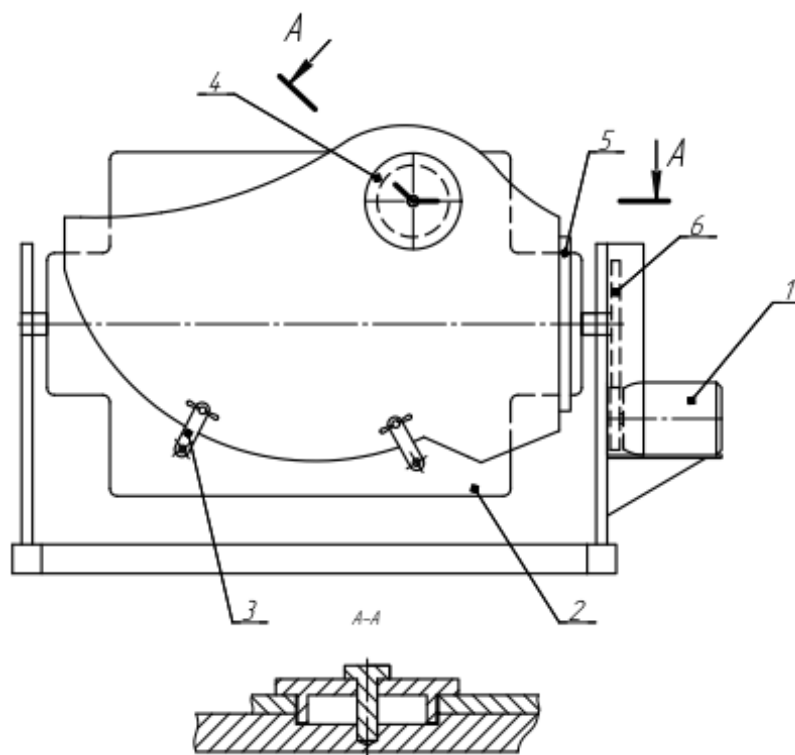


Рисунок 24 - АВС – сочетание контроллера процесса и системы отслеживания сварных швов

Стенд для сборки и сварки станка гаубицы



1 – электродвигатель; 2 – рама кондуктора; 3 – поворотные механические зажимы;
4 – втулочный фиксатор; 5 - упорная планка; 6 – механизм вращения станда

Рисунок 25 – Сборочно-сварочный стенд станка орудия

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.555 ПЗ

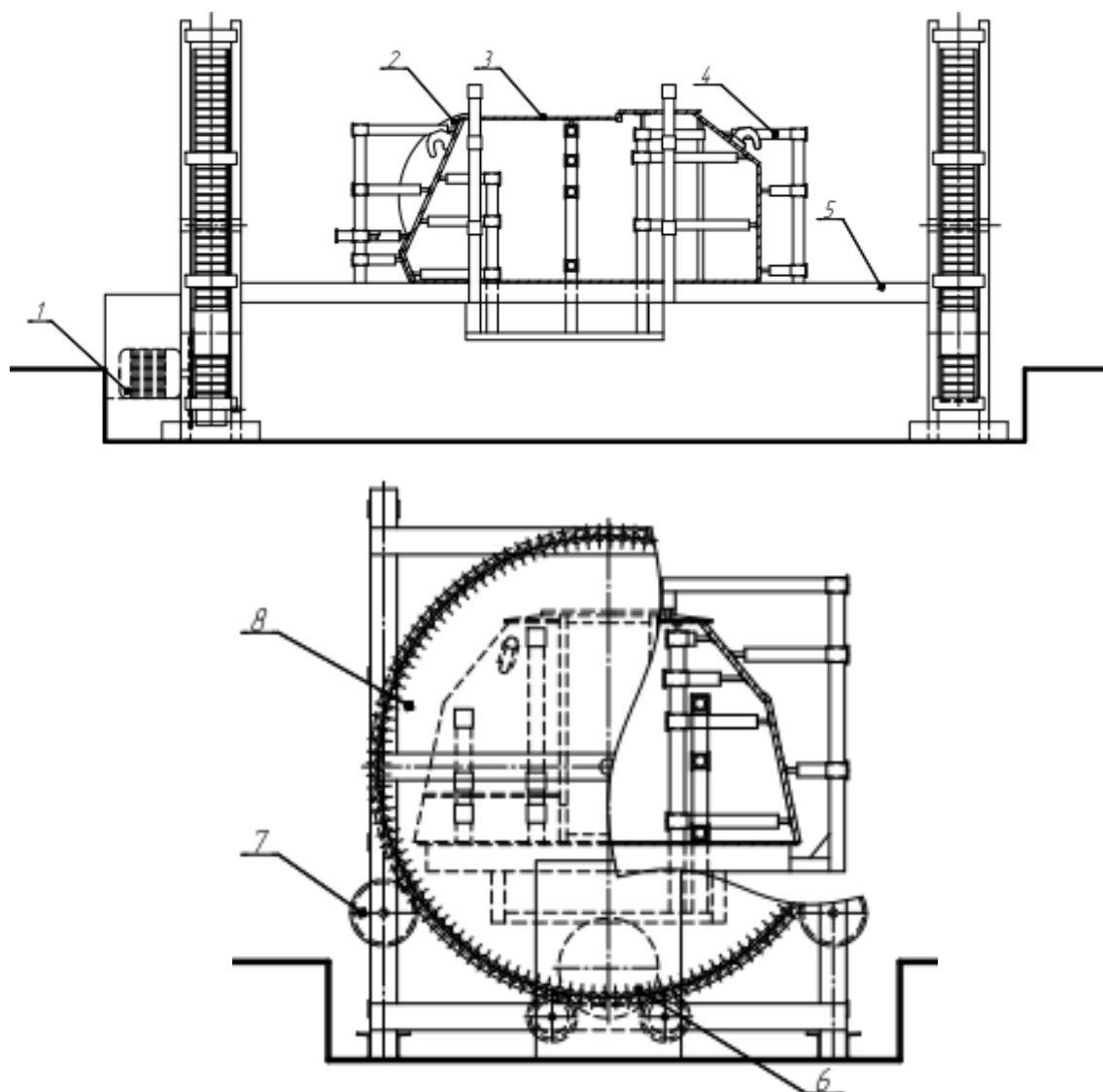
Лист

62

Стенд показан на рисунке 25 и представляет собой вращатель с механическими прижимами и кондуктором. Используется для оптимального позиционирования деталей станка, как для сварки, так и для сборки. Габаритные размеры: длина – 1950 мм, высота – 1160 мм, ширина – 1100 мм.

Стенд для сборки и сварки станка гаубицы с корпусом.

Стенд показан на рисунке 26 и представляет собой кантователь кольцевой с кондуктором для корпуса. Используется для сборки и сварки корпуса типа «Колпак». Габаритные размеры: длина – 7400 мм, высота – 3400 мм, ширина – 3600 мм



1 – электродвигатель; 2 – станок орудия; 3 – корпус башни; 4 – прижимы;
 5 – платформа стенда; 6 – механизм вращения кантователя;
 7 – направляющие ролики кантователя; 8 – кольцо кантователя

					Лист
					63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП.44.03.04.555 ПЗ орудия-сварочный стенд корпуса типа «Колпак»

1.7.2 Контроль качества сварных соединений

Дефектом называют недопустимые отклонения от требований нормативно-технического документа на конкретное изделие. Вид контроля качества сварных соединений выбирается в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к конструкции в соответствии с техническими условиями. Для проверки качества сварки в готовом изделии, согласно ГОСТ 3242-79, существуют следующие виды контроля: технический осмотр, капиллярный, радиационный, акустический, магнитный, течеискание.

В технологическом процессе на сборку и сварку корпуса специализированной техники типа «Колпак» со станком орудия используются такие виды контроля, как визуальный осмотр и проверка сварных швов на герметичность.

Технический осмотр. Служит для определения наружных дефектов в сварных швах. Производится невооруженным глазом или с помощью лупы 10-кратного увеличения. Перед осмотром сварной шов и прилегающую к нему поверхность металла очищают от шлака, брызг и загрязнений. Размеры сварного шва контролируют измерительным инструментом обычно с точностью измерения до $\pm 0,1$ мм или специальными шаблонами, имеющими вырезы под определенный шов, размер которого указан (выбит) на шаблоне. Выявляются такие дефекты как трещины, поры, свищи выходящие на поверхность шва, кратера, подрезы, наплывы, брызги металла и т.п.

Течеискание. Герметичность - это способность сварного изделия сохранять в рабочих условиях начальное количество содержащихся в нем веществ. Контроль герметичности сварных соединений изделий основан на проникновении пробных веществ (газов или жидкостей) через сквозные дефекты (течи) и их регистрации с помощью различных приборов или средств регистрации индикаторных веществ.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Методы контроля герметичности, в свою очередь, классифицируют по способам контроля.

К газовым отнесены методы и способы контроля герметичности, определяющие утечку пробного вещества через несплошности сварного соединения при создании в контролируемом изделии избыточного давления или вакуума с применением пробного газа.

Жидкостные методы и способы контроля герметичности основаны на определении утечки пробных веществ (жидкостей или их смесей с различными индикаторными добавками) при атмосферном или избыточном давлении.

К газожидкостным относятся методы и способы контроля герметичности, основанные на определении утечки пробных веществ: газов или жидкостей, находящихся под избыточным давлением или вакуумом и проникающих через сквозные дефекты сварных соединений, - путем регистрации их пузырьков на поверхности сварного соединения.

С помощью технологических методов и способов контроля герметичности сварных соединений можно определять утечку пробных веществ посредством вскрытия или вырезки сварных соединений для определения внутренних дефектов или изготовления испытательных (контрольных) образцов сварного соединения и последующего их исследования.

Самой важной характеристикой каждого метода или способа контроля герметичности является его чувствительность, которая характеризуется минимальным надежно регистрируемым потоком пробного вещества (таблица 16).

При определении течей течеискателями чувствительность последних определяют в зависимости от давления, величины потока или концентрации пробного газа, приходящихся на одно деление шкалы выходного прибора, т.е. в виде статической чувствительности.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

В сварных соединениях основными дефектами, определяющими негерметичность соединения, являются свищи, прожоги, сквозные трещины и непровары [29].

Таблица 16 – Предельные значения чувствительности методов контроля герметичности

Метод контроля	Чувствительность, мм ³ ·МПа/с
Акустический	$1 \cdot 10^{-2}$
Капиллярный	$1 \cdot 10^{-3}$
Газоаналитический	$4 \cdot 10^{-4}$
Химический	$2 \cdot 10^{-5}$
Пузырьковый	$1 \cdot 10^{-5}$
Гидравлический	$5 \cdot 10^{-3}$
Манометрический	$5 \cdot 10^{-2}$
Галогенный	$1 \cdot 10^{-6}$
Масс-спектрометрический	$6,6 \cdot 10^{-8}$
Радиационный	$1 \cdot 10^{-11}$

В проекте проверка на герметичность осуществляется капиллярным методом контроля по ГОСТ 18442-80. Капиллярные методы неразрушающего контроля основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. Капиллярный НК предназначен для обнаружения невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности. Этот вид контроля позволяет диагностировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов.

2 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки корпуса специализированной техники типа «Колпак» со станком орудия, изготавливаемого из стали 20ХГСНМ с использованием роботизированной системы дуговой сварки.

В первом варианте операции выполнялись при помощи дуговой частично механизированной сварки в активном газе плавящимся электродом по ГОСТ14771-76. В качестве защитного газа применяется двуокись углерода по ГОСТ 8050-85.

Второй вариант предполагает дуговую роботизированную сварку. В качестве защитного газа применяется газовая смесь по классификации: ISO 14175 – M21 - ArC – 20.

2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку

Определим норму штучного времени $t_{шт}$ на выполнение сварочной

$$t_{шт} = t_{опер} \cdot \left(1 + \frac{a + b}{100}\right), \quad (26)$$

операции для первого варианта по формуле [17, стр. 339]

где $t_{опер}$ – оперативное время, мин.;

a , b – процентные составляющие времени обслуживания рабочего места $t_{обс} = 18\%$ и времени на отдых и личные надобности $t_{п} = 27\%$ от оперативного времени [17, стр. 356]

Оперативное время находится по формуле:

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$t_{\text{опер}} = t_0 + t_{\text{в}}, \quad (27)$$

где t_0 – основное время, мин.;

$t_{\text{в}}$ – вспомогательное время, мин.

$$t_0 = T_0 \cdot l, \quad (28)$$

Основное время вычислим из выражения:

где T_0 – основное время за 1 погонный метр шва, мин, $T_0 = 3,68$;

$$t_{01} = 3,68 \cdot 9,9 = 36,43 \text{ мин.}$$

l – суммарная длина всех швов, м, $l = 9,9$.

Вспомогательное время найдем по формуле [17, стр. 354]

$$t_{\text{в}} = t_{\text{в.ш}} + t_{\text{в.к}}, \quad (29)$$

где $t_{\text{в.ш}}$ – время расходуемое на осмотр и зачистку свариваемых кромок, очистку швов, их осмотр, измерение и т.д., мин.:

0,3 – зачистка 1 метра длины свариваемых кромок перед сваркой;

0,2 – осмотр и измерение шва;

0,1 – удаление остатка проволоки и её подача, чистка сопла горелки;

$$t_{\text{в.ш.1}} = (0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,1) \cdot 9,9 = 6,93 \text{ мин.}$$

0,1 – заправка кассеты с проволокой.

$t_{\text{в.к}}$ – время, предназначенное для установки горелки в начало шва, перемещение сварщика с полуавтоматом и инструментом (от шва к шву); установки, закреплению, поворота и снятия конструкции, клеймению шва и т.д., мин.:

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

- 6,0 – поворот изделия;
- 8,5 – снятие и транспортировка;
- 0,6 – время на одно перемещение;
- 0,1 – взять горелку поднести к изделию.

$$t_{в.к.1} = 6,0 + 8,5 + 0,6 \cdot 4 + 0,1 \cdot 18 = 18,7 \text{ мин.}$$

Исходя из выражения (29) вспомогательное время составит:

$$t_{в.1} = 6,93 + 18,7 = 25,63 \text{ мин.}$$

Оперативное время по формуле (27) составит:

$$t_{опер.1} = 36,43 + 25,63 = 62,06 \text{ мин.}$$

Штучное время по формуле (26):

$$t_{шт.1} = 62,06 \cdot \left(1 + \frac{18 + 27}{100}\right) = 89,98 \text{ мин.}$$

Определим норму штучного времени $t_{шт}$ на выполнение сварочной операции для второго варианта.

Определим время $t_{в.ш}$ [17, стр. 354]

- 0,3 – зачистка 1 метра длины свариваемых кромок перед сваркой;
- 0,1 – заправка кассеты с проволокой;
- 0,1 – удаление остатка проволоки и её подача в головку, чистка сопла горелки.

$$t_{в.ш.2} = (0,3 + 0,1 + 0,1) \cdot 9,9 = 4,95 \text{ мин.}$$

Определим время $t_{в.к}$ [17, стр. 354]

- 6,0 – поворот изделия;
- 8,5 – снятие и транспортировка;
- 0,2 – время на одно перемещение;

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$t_{в.к.2} = 6,0 + 8,5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 15 = 16,8 \text{ мин.}$$

0,1 – перенос горелки к изделию.

$$t_{в.2} = 4,95 + 16,8 = 21,75 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время по формуле (29):

Для проектируемого варианта $T_o = 3,15$ мин, суммарная длина всех швов

$$t_{о.2} = 3,15 \cdot 9,9 = 31,18 \text{ мин.}$$

$l = 9,9$ м. Основное время вычислим по формуле (28):

Оперативное время по формуле (27):

$$t_{опер.2} = 31,18 + 21,75 = 52,93 \text{ мин.}$$

Штучное время по формуле (26):

$$t_{шт.2} = 52,93 \cdot \left(1 + \frac{5 + 4}{100}\right) = 57,69 \text{ мин.}$$

Результаты сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Технологические нормы времени на сварку корпуса со станком

Вариант	Основное время (t_o), мин.	Вспомогательное время (t_v), мин.	Оперативное время ($t_{опер.}$), мин.	Время обслуживания рабочего места ($t_{обс.}$), мин.	Отдых и личные нужды ($t_{п.}$), мин.	Штучное время ($t_{шт.}$), мин.
1	36,43	23,14	59,57	10,17	16,08	89,98
2	31,18	21,75	52,93	2,66	2,12	57,69

2.1.2 Расчет количества оборудования, его загрузки и списочного состава производственных рабочих

Произведем расчет для первого варианта:

Расчёт времени на сборку определим по формуле [30]

$$T_{\text{опер}} = \frac{t_{\text{шт}}}{D_{\text{св}}} \cdot D_o \quad (30)$$

где $T_{\text{опер}}$ – время затраченное на технологическую операцию, ч;

$t_{\text{шт}}$ - штучное время сварки, мин, $t_{\text{шт}} = 89,98$;

$D_{\text{св}}$ – доля сварочных работ в общей трудоемкости работ сварочных цехов, %,

$D_{\text{св}} = 21$;

D_o – доля технологической операций (сварочной, сборочной) в общей

$$T_{\text{опер}1} = \frac{89,98}{21} \cdot 21 = 89,98 \text{ мин.}$$

трудоемкости работ сварочных цехов, %, $D_o = 21$.

Время на сборочные работы составит 89,98 мин.

Найдем годовую трудоемкости операции $T_{\text{год}}$, н.ч, по формуле [30]

$$T_{\text{год}} = T_{\text{опер}} \cdot N_{\text{год}}, \quad (31)$$

где $T_{\text{опер}}$ – длительность одной операции, мин., $T_{\text{опер}} = 89,98$;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа, шт., $N_{\text{год}} = 6000$.

$$T_{\text{год}1} = \frac{89,98}{60} \cdot 6000 = 8998 \text{ н. ч.}$$

Потребное количество оборудования определим по формуле:

$$n_p = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi_{\text{д.об}} \cdot K \cdot K_3}, \quad (32)$$

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $n_{об}$ – количество оборудования по операциям тех. процесса;

$T_{год}$ – годовая трудоемкость изделия на одной операции, н.ч., $T_{год} = 8998$;

K – коэффициент планового перевыполнения норм, $K = 1,1$;

$K_з$ – коэффициент загрузки оборудования, $K_з = 0,8$;

$\Phi_{д.об.}$ – действительный фонд работы оборудования, ч.

Действительный фонд работы оборудования найдем по формуле:

$$\Phi_{д} = (D_p \cdot t_{п} - D_{пр} \cdot t_c) \cdot K_{по} \cdot K_c, \quad (33)$$

где D_p – число рабочих дней, $D_p = 247$;

$D_{пр}$ – число предпраздничных дней, $D_{пр} = 6$;

$t_{п}$ – продолжительность смены, ч, $t_{п} = 8$;

t_c – число часов на которое сокращен рабочий день, $t_c = 1$;

$K_{по}$ – коэффициент учитывающий простой в оборудовании, $K_{по} = 0,95$;

K_c – число смен, $K_c = 1$.

$$\Phi_{д} = (247 \cdot 8 - 6 \cdot 1) \cdot 0,95 \cdot 1 = 1871,5 \text{ ч.}$$

Потребное количество оборудования по формуле (32):

$$n_{р1} = \frac{8998}{1871,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8} = 5,5 \text{ шт.}$$

Примем $n_{п1} = 6$ шт.

Коэффициент загрузки оборудования вычислим по формуле:

$$K_з = \frac{n_p}{n_{п}}, \quad (34)$$

где n_p – расчетное количество оборудования, шт., $n_p = 5,5$;

$n_{п}$ – принятое количество оборудование, шт., $n_{п} = 6$.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{з1} = \frac{5,5}{6} = 0,91$$

Рассчитаем значения списочного состава производственных рабочих по формуле [31, стр. 168]

$$p_c = T_{\text{ч}} / \Phi_p, \quad (35)$$

где $T_{\text{ч}}$ – годовая трудоёмкость работ, н.ч., $T_{\text{ч}} = 8998$;

Φ_p – годовой фонд рабочего времени, ч.,

$$p_{c1} = 8998 / 1871,5 = 4,8 \text{ чел.}$$

Примем количество рабочих $p_{п1} = 5$ человек.

Произведем расчет второго варианта:

Штучное время для проектируемого варианта $t_{шт2} = 57,69$ мин. Расчёт

$$T_{\text{опер}2} = \frac{57,69}{21} \cdot 21 = 57,69 \text{ ч.}$$

времени на сборку $T_{\text{опер}}$ определим по формуле (30):

Время на сборочные операции составит 57,69 мин.

Найдем годовую трудоёмкости операции $T_{\text{год}}$ по формуле (31):

$$T_{\text{год}2} = 0,96 \cdot 6000 = 5769 \text{ н.ч.}$$

Потребное количество оборудования определим по формуле (32):

$$n_{p2} = \frac{5769}{1871,5 \cdot 1,1 \cdot 0,8} = 3,5 \text{ шт.}$$

Примем $n_{п2} = 4$ шт.

Коэффициент загрузки оборудования вычислим по формуле (34):

$$K_{з2} = \frac{3,5}{4} = 0,88.$$

Списочный состав производственных рабочих по формуле (35):

$$p_{с2} = 5769 / 1871,5 = 3,1 \text{ чел.}$$

Примем количество рабочих $p_{п.2} = 3$ человека.

Полученные результаты сведем в таблицу 18.

Таблица 18 - Количество рабочих и оборудования с коэффициентом загрузки

Вариант	Норма времени на операцию $T_{оп}$, мин.	Годовая программа, шт.	Трудоёмкость $T_{год}$, н.ч.	Кол-во оборудования $n_{п}$, шт.	Коэффициент загрузки $K_{з}$	Кол-во рабочих $p_{с}$, ($p_{п}$), чел.
1	89,98	6000	8998	6	0,91	5
2	57,69		5769	4	0,88	3

2.1.3 Расчет капитальных вложений

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы 19.

Таблица 19 – Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Первый вариант	Второй вариант
Годовая производственная программа выпуска	шт.	6 000	6 000
Промышленный сварочный робот IRB 1520ID	руб./шт.	-	1 550 000
Стенд для сборки и сварки станка	руб./шт.	150 000	150 000

орудия			
Стенд для сборки и сварки станка с корпусом спец. машины	руб./шт.	400 000	400 000
Сварочные полуавтомат Aristo Mig 500i	руб./шт.	348 821	-
Сварочное оборудование для роботизированной сварки от компании ESAB	руб./шт.	-	500 000
Сталь 20ХГСНМ	руб./тн	60 000	60 000
Проволока сварочная Св-08Х20Н9Г7Т	руб./тн	512 500	512 500
Защитный газ (баллон 40л)	руб./кг.	21	90
Тариф на электроэнергию,	руб./кВт-час	3,71	3,71
Длина сварочного шва	м	9,9	9,9
Положение шва		нижнее	нижнее
Квалификационный разряд электросварщика	Разряд	4	5
Тарифная ставка, Тст	руб./час	130	160
Масса конструкции	т	13,5	13,5

Расчёт балансовой стоимости оборудования при первом и втором варианте технологии изготовления металлоконструкции по формуле:

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{тз}), \quad (36)$$

где $C_{обj}$ - цена приобретения единицы j-ого оборудования, руб. Для первого варианта цена составит: $150\,000 + 400\,000 + 348\,821 = 898\,821$, для второго варианта: $1\,500\,000 + 150\,000 + 400\,000 + 500\,000 = 2\,600\,000$;

$K_{тз}$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы,

$$K_{обj1} = 898\,821 \cdot (1 + 0,12) = 1\,006\,680 \text{ руб.};$$

затраты устройство фундамента, монтаж, наладку $K_{тз} = 0,12$.

$$K_{обj2} = 2\,600\,000 \cdot (1 + 0,12) = 2\,912\,000 \text{ руб.}$$

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{пj} \cdot K_{зj}, \quad (37)$$

										Лист
										75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Определение капитальных вложений в оборудование для выполнения годового объема работ по формуле:

где $K_{обj}$ - балансовая стоимость j-ого оборудования, руб.;

$C_{пj}$ - принятое количество j-ого оборудования, шт.;

$K_{зj}$ - коэффициент загрузки j-ого оборудования.

$$K_{об1} = 1\,006\,680 \cdot 6 \cdot 0,91 = 5\,500\,026 \text{ руб.};$$

$$K_{об2} = 2\,912\,000 \cdot 4 \cdot 0,88 = 10\,200\,452 \text{ руб.}$$

Для производства в год 6 000 шт. изделий нужно инвестировать в оборудование:

первого варианта в сумме 5 500 026 руб.,

для второго в сумме 10 200 452 руб.

2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкции

2.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкции

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходом ресурсов при проведении сварочных работ в цехе.

Расчет

технологической себестоимости:

$$C_T = M_з + Z_э + Z_{пр}, \quad (38)$$

где $M_з$ - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$Z_э$ - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

$Z_{пр}$ - затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос - 30% от фонда оплаты труда).

Расчет материальных затрат.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

К материальным затратам относятся затраты на сырье, материалы, энергоресурсы на технологические цели.

Материальные затраты M_3 рассчитываются по формуле:

$$M_3 = C_{o.m} + C_{эн} + C_{др}, \quad (39)$$

где: $C_{o.m}$ - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

$C_{эн}$ - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.;

$C_{др}$ - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие. В нашем случае, $C_{др} = 0$.

Стоимость основных материалов $C_{o.m}$, с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр} + C_{з.г}] \cdot K_{тр}, \quad (40)$$

где $K_{тр}$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05... 1,08. Примем $K_{тр} = 1,06$;

$C_{к.м}$ - стоимость конструкционного материала;

$C_{св.пр}$ - стоимость сварочной проволоки;

$C_{з.г}$ - стоимость защитного газа.

Расчёт стоимости конструкционного материала, которым является сталь

$$C_{к.м} = m_k \cdot Ц_{к.м}, \quad (41)$$

20ХГСНМ.

где m_k - масса конструкции, т;

$Ц_{к.м}$ - цена одной тонны конструкционного материала, руб.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

$$C_{к.м} = 13,5 \cdot 60\,000 = 810\,000 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 810 000 руб. как для первого, так и для второго вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Х20Н9Г7Т произведем по

$$C_{св.пр} = H_p \cdot C_{св.пр}, \quad (42)$$

формуле:

где H_p – расход сварочной проволоки, кг;

$C_{св.пр}$ – цена сварочной проволоки за кг.

$$C_{св.пр1} = 3,609 \cdot 512,50 = 1849,61 \text{ руб.};$$

$$C_{св.пр2} = 3,186 \cdot 512,50 = 1632,83 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на защитный газ произведем по формуле:

$$C_{з.г} = H_{лш} \cdot C_{з.г}, \quad (43)$$

где $H_{лш}$ – расход защитного газа, кг;

$C_{з.г}$ – цена защитного газа за кг.

$$C_{з.г1} = 0,99 \cdot 21 = 20,79 \text{ руб.};$$

$$C_{з.г2} = 0,81 \cdot 90 = 72,9 \text{ руб.}$$

Стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов составит (40):

$$C_{о.м1} = [810\,000 + 1\,849,61 + 20,79] \cdot 1,06 = 860\,582,63 \text{ руб.}$$

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

$$C_{o.m2} = [810\,000 + 1\,632,83 + 72,90] \cdot 1,06 = 860\,408,07 \text{ руб.}$$

Так как затраты на сталь одинаковые в обоих вариантах (810 000 руб.), то для упрощения расчета исключим их, тогда для первого варианта: $C_{o.m1} = 1982,63$ руб., для второго: $C_{o.m2} = 1808,07$ руб.

Расход электроэнергии:

Норматив расхода электроэнергии на выполнение одного метра сварного соединения или 1 кг наплавленного металла описывается зависимостью:

$$\mathcal{E}_M = \mathcal{E}_o + \mathcal{E}_{xx}, \quad (44)$$

где \mathcal{E}_M – расход электроэнергии на 1 м сварного шва;

\mathcal{E}_o – расход электроэнергии в основное время сварки, кВт·ч/м;

\mathcal{E}_{xx} – удельные потери электроэнергии в период холостого хода, кВт·ч/м.

$$\mathcal{E}_o = \frac{I \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3}}{\eta}, \quad (45)$$

Первое слагаемое определяется по зависимости:

где I - сила тока, А;

U - напряжение на дуге, В;

T - основное время сварки одного метра (наплавки 1 кг металла) сварного соединения, час/м (час/кг);

η - КПД источника питания, %, $\eta = 87\%$.

$$\mathcal{E}_{o1} = \frac{280 \cdot 28 \cdot 0,061 \cdot 10^{-3}}{0,87} = 0,55 \text{ кВт} \cdot \text{час/м};$$

$$\mathcal{E}_{o2} = \frac{250 \cdot 26 \cdot 0,052 \cdot 10^{-3}}{0,87} = 0,39 \text{ кВт} \cdot \text{час/м}.$$

										Лист
										79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$\mathcal{E}_{xx} = P_{xx} \cdot T \cdot K_{xx}, \quad (46)$$

Второе слагаемое \mathcal{E}_{xx} определяется по следующей зависимости:

где P_{xx} - потребление электроэнергии источника питания в режиме холостого хода, кВт, $P_{xx} = 0,05$;

T - основное время сварки одного метра (наплавки 1кг металла) сварного соединения, час/м (час/кг);

K_{xx} - коэффициент, учитывающий время холостого хода источника питания по отношению к основному времени сварки, $K_{xx} = 0,43$.

$$\mathcal{E}_{xx1} = 0,05 \cdot 0,061 \cdot 0,43 = 0,0013 \text{ кВт} \cdot \text{час/м};$$

$$\mathcal{E}_{xx2} = 0,05 \cdot 0,053 \cdot 0,43 = 0,0011 \text{ кВт} \cdot \text{час/м}.$$

По формуле (44) получим расход электроэнергии на 1 м сварного шва:

$$\mathcal{E}_{m1} = 0,55 + 0,0013 = 0,5513 \text{ кВт} \cdot \text{час/м};$$

$$\mathcal{E}_{m2} = 0,39 + 0,0011 = 0,3911 \text{ кВт} \cdot \text{час/м}.$$

Расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла найдем по формуле:

$$\mathcal{E}_{кг} = \frac{\mathcal{E}_m}{M}, \quad (47)$$

где \mathcal{E}_m – расход электроэнергии на 1 м сварного шва;

M – масса наплавленного металла, кг/м, для соединения с катетом 8 мм., $M = 0,317$.

$$\mathcal{E}_{кг1} = \frac{0,5513}{0,317} = 1,74 \text{ кВт} \cdot \text{час/кг};$$

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\mathcal{E}_{\text{кг2}} = \frac{0,3911}{0,317} = 1,24 \text{ кВт} \cdot \text{час/кг}.$$

Стоимость затрат на электроэнергию, расходуемую на выполнение сварочной операции для одного изделия, вычислим по формуле:

$$C_{\text{ЭН}} = \mathcal{E}_{\text{кг}} \cdot H_p \cdot C_{\text{Э}}, \quad (48)$$

где $\mathcal{E}_{\text{кг}}$ - расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла;

H_p – расход сварочной проволоки;

$C_{\text{Э}}$ – цена за 1 кВт/ч, $C_{\text{Э}} = 3,71$.

$$C_{\text{ЭН1}} = 1,74 \cdot 3,609 \cdot 3,71 = 23,27 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЭН2}} = 1,24 \cdot 3,186 \cdot 3,71 = 14,67 \text{ руб.}$$

Согласно формуле (39) материальные затраты M_3 составят:

$$M_{31} = 1982,63 + 23,27 + 0 = 2\,005,90 \text{ руб.};$$

$$M_{32} = 1808,07 + 14,67 + 0 = 1822,74 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{по}} + Z_{\text{пд}}, \quad (49)$$

Затраты на оплату труда рассчитываются по формуле:

где $Z_{\text{по}}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{пд}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

$$Z_{\text{по}} = P_{\text{сд}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{сс}} + D_{\text{вр}}, \quad (50)$$

Основная заработная плата с доплатой за вредные условия труда производственных рабочих $Z_{по}$, с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле:

где $P_{сд}$ - суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$K_{пр}$ - коэффициент премирования, (данные предприятия), $K_{пр} = 1,5$;

$D_{вр}$ - доплата за вредные условия труда, руб.;

$K_{сс}$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды (социальный взнос), $K_{сс} = 1,3$;

$K_{д}$ - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, $K_{д} = 1,2$.

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика: $T_{ст}$ сварщика полуавтоматической сварки - 130 руб./час, $T_{ст}$ – оператора роботизированной системы дуговой сварки - 160 руб./час.

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия $P_{сд}$

$$P_{сд} = \frac{T_{ст} \cdot T_{шт.к}}{60}, \quad (51)$$

определяется по формуле:

где $T_{ст}$ - тарифная ставка, руб./час.;

$T_{шт.к}$ - штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

$$P_{сд1} = \frac{130 \cdot 89,98}{60} = 194,96 \text{ руб.};$$

$$P_{сд2} = \frac{160 \cdot 57,69}{60} = 153,84 \text{ руб.}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитывается по формуле:

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

$$D_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{вр}} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60}, \quad (52)$$

где $D_{\text{вр}}$ - доплата за вредные условия труда, руб.;

$T_{\text{ст}}$ - тарифная месячная ставка, руб.;

$T_{\text{вр}}$ - время работы во вредных условиях труда, мин., $T_{\text{вр}} = T_{\text{шт.к}} \cdot (0,1 \dots 0,31)$.

$$D_{\text{вр1}} = \frac{130 \cdot 89,98 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,39 \text{ руб.};$$

$$D_{\text{вр2}} = \frac{160 \cdot 57,69 \cdot 0,1}{100 \cdot 60} = 0,15 \text{ руб.}$$

Расчёт основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих по формуле (50):

$$Z_{\text{по1}} = 194,96 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,39 = 456,59 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{по2}} = 153,84 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,15 = 360,14 \text{ руб.}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих при базовом и проектируемом варианте технологии изготовления

$$Z_{\text{пд}} = K_{\text{д}} \cdot Z_{\text{по}} \cdot K_{\text{сс}}, \quad (53)$$

металлоконструкции по формуле:

где $Z_{\text{пд}}$ - выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$Z_{\text{по}}$ - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{\text{д}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы, $K_{\text{д}} = 1,13$;

$K_{\text{сс}}$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы, $K_{\text{сс}} = 1,3$.

$$Z_{\text{пд1}} = 1,13 \cdot 456,59 \cdot 1,3 = 670,73 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{пд2}} = 1,13 \cdot 360,14 \cdot 1,3 = 529,04 \text{ руб.}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих при базовом и проектируемом варианте изготовления одного изделия, рассчитываются по формуле (49):

$$З_{\text{пр1}} = 456,59 + 670,73 = 1127,32 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{пр2}} = 360,14 + 529,04 = 889,18 \text{ руб.}$$

По формуле (38) технологическая себестоимость составит:

$$C_{\text{T1}} = 2005,90 + 1127,32 = 3 133,22 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{T2}} = 1822,74 + 889,18 = 2 711,92 \text{ руб.}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости C_T изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ($N = 6000$ шт.) в таблицу 20.

Таблица 20 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Первый вариант N = 6000	Первый вариант N = 1	Второй вариант N = 6000	Второй вариант N = 1
1	2	3	4	5
Затраты на основные материалы с учетом транспортно-заготовительных расходов, $C_{\text{о.м}}$, руб.	18 799 304	1 982,63	16 271 523	1 808,07
Затраты на технологическую электроэнергию, $C_{\text{эн}}$, руб	139 641	23,27	88 006	14,67
Материальные затраты, M_3 , руб.	12 035 401	2005,90	10 936 417	1822,74

Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $Z_{\text{пр}}$, руб.	6 763 902	1 127,32	5 335 106	889,18
Технологическая себестоимость, $C_{\text{т}}$, руб.	18 799 304	3 133,22	16 271 523	2 711,92

Окончание таблицы 20

2.2.2 Расчет полной себестоимости изделия

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость ($C_{\text{пр}}$, руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством. Расчет

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}}, \quad (54)$$

$C_{\text{пр}}$ проводят по формуле:

где $C_{\text{т}}$ - технологическая себестоимость, руб.;

$P_{\text{пр}}$ - общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{\text{хоз}}$ - общехозяйственные расходы, руб.

$$P_{\text{пр}} = C_{\text{А}} + C_{\text{р}} + P_{\text{пп}}, \quad (55)$$

Общепроизводственные расходы определяются по формуле:

где $C_{\text{А}}$ - затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_{\text{р}}$ - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{\text{пп}}$ - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

В статью «Общепроизводственные расходы» $P_{пр}$, включаются расходы на:

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

Сварочное оборудование принадлежит к 4 группе объектов принадлежащих к амортизации. Срок полезного использования объектов этой категории составляет 5 -7 лет. Примем 6 лет.

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100, \quad (56)$$

Определим годовую норму амортизации по формуле:

где K – годовая норма амортизации, %;

$$K = \frac{1}{6} \cdot 100 = 16,7\%$$

n – срок полезного использования основных средств в месяц;

Годовая амортизация 1 шт. оборудования в год составит:

$$A_{г1} = 1\,006\,680 \cdot 16,7\% = 167\,780 \text{ руб.};$$

$$A_{г2} = 2\,912\,000 \cdot 16,7\% = 485\,333 \text{ руб.}$$

Затраты амортизации на одно изделие составят:

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

$$C_{A1} = \frac{167\,780 \cdot 6}{6000} = 167,78 \text{ руб.};$$

$$C_{A2} = \frac{485\,333 \cdot 4}{6000} = 323,56 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования рассчитываем по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot Д}{100}, \quad (57)$$

где $K_{об}$ - капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб;
 $Д$ - принимается равным 3 %.

$$C_{p1} = \frac{5\,500\,026 \cdot 3}{100} = 165\,001 \text{ руб.}$$

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования в расчете на одно металлоизделие составят 27,50 руб.

$$C_{p2} = \frac{10\,200\,452 \cdot 3}{100} = 306\,014 \text{ руб.}$$

Расходы на ремонт и техническое обслуживание оборудования в расчете на одно изделие составят 51,00 руб.

Расходы на содержание производственных помещений (отопление,

$$P_{пп} = \frac{\%P_{пп} \cdot З_{пр}}{100}, \quad (58)$$

освещение) определяются формуле:

где $З_{пр}$ - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{пп}$ - процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %. $P_{пр} = 10$.

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$P_{\text{пп1}} = \frac{10 \cdot 1127,32}{100} = 112,73 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) на годовую программу составит 676 390 руб.

$$P_{\text{пп2}} = \frac{10 \cdot 889,18}{100} = 88,92 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение) на годовую программу составит 533 511 руб.

Общепроизводственные расходы на одно изделие, согласно формуле (55) составят:

$$P_{\text{пр1}} = 167,78 + 27,50 + 112,73 = 308,01 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{пр2}} = 323,56 + 51,00 + 88,92 = 463,48 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные расходы годового выпуска для первого варианта составят – 1 848 071 руб., проектируемого – 2 780 857 руб.

В статью «Общехозяйственные расходы» $P_{\text{хоз}}$, включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от

$$P_{\text{хоз}} = \frac{\%P_{\text{хоз}} \cdot Z_{\text{пр}}}{100}, \quad (59)$$

несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

где $Z_{\text{пр}}$ - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\% P_{\text{хоз}}$ - процент общехозяйственных расходов, $\% . \% P_{\text{хоз}} = 25.$

Общехозяйственных расходы ($P_{\text{хоз}}$):

$$P_{\text{хоз1}} = \frac{25 \cdot 1127,32}{100} = 281,83 \text{ руб.}$$

Расходы на общехозяйственные нужды по годовой программе составят 1 690 976 руб.

$$P_{\text{хоз2}} = \frac{25 \cdot 889,18}{100} = 222,30 \text{ руб.}$$

Расходы на общехозяйственные нужды по годовой программе составят 1 333 776 руб.

Производственная себестоимость одного изделия металлоконструкции $C_{\text{пр}}$ рассчитывается по формуле (54):

$$C_{\text{пр1}} = 3133,22 + 308,01 + 281,83 = 3723,06 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{пр2}} = 2711,92 + 463,48 + 222,30 = 3397,69 \text{ руб.}$$

Производственная себестоимость годового выпуска металлоконструкций составит для первого варианта – 22 338 350 руб., для второго варианта – 20 386 157 руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» $P_{\text{к}}$, включаются расходы на производство или приобретение тары упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{к}} = \frac{\% P_{\text{к}} \cdot C_{\text{пр}}}{100}, \quad (60)$$

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

где $\%P_k$ – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости, %, $P_k = 0,1 \dots 0,5$.

Коммерческие расходы на одно изделия металлоконструкции составят:

$$P_{k1} = \frac{0,2 \cdot 3\,723,06}{100} = 7,45 \text{ руб.};$$

$$P_{k2} = \frac{0,2 \cdot 3\,397,69}{100} = 6,80 \text{ руб.}$$

Коммерческие расходы в годовом исчислении для первого варианта – 44 677 руб., для второго варианта 40 772 руб.

Калькуляция полной себестоимости $C_{п}$ одного изделия по сравниваемым вариантам включает затраты на производство $C_{пр}$ и коммерческие расходы P_k ,

$$C_{п} = C_{пр} + P_k \quad (61)$$

рассчитывается по формуле:

$$C_{п1} = 3\,723,06 + 7,45 = 3\,730,50 \text{ руб.};$$

$$C_{п2} = 3\,397,69 + 6,80 = 3\,404,49 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость годового выпуска для базового варианта составит – 22 383 026 руб., для проектируемого – 20 426 929 руб.

Результаты расчетов заносим в таблицу 21.

Таблица 21 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Первый вариант	Второй вариант	
1	2	3	4
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	6000	6000	-
Материальные затраты, M _з , руб.	2 005,90	1 822,74	-183,16

Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, $Z_{пр}$, руб.	1 127,32	889,18	-238,13
Технологическая себестоимость $C_{т}$, руб.	3 133,22	2 711,92	-421,30
Общепроизводственные расходы, $P_{пр}$, руб.	308,01	463,48	155,46
Общехозяйственные расходы, $P_{хоз}$, руб.	281,83	222,30	-59,53
Производственная себестоимость, $C_{пр}$, руб.	3 723,06	3 397,69	-325,37
Коммерческие расходы, $P_{к}$, руб.	7,45	6,80	- 0,65
Полная себестоимость, $C_{п}$, руб.	3 730,50	3 404,49	-326,02

2.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим, как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции.

Годовой выпуск продукции составляет 6000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической

$$\Delta C = (C_{т1} - C_{т2}) \cdot N \quad (62)$$

себестоимости, ΔC рассчитывается по формуле:

где $C_{т1}$, $C_{т2}$ - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.;

N - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

Годовая экономия по технологической себестоимости определяется в соответствии с формулой (62):

$$\Delta C = (3 133,22 - 2 711,92) \cdot 6000 = 2 527 781 \text{ руб.}$$

$$\Pi = B - C_{\Pi}, \quad (63)$$

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте ниже технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на сварочную проволоку, затрачиваемой электроэнергии и заработной платы.

Прибыль от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, (Π), руб. рассчитываем по формуле:

где B - выручка от реализации продукции;

C_{Π} - полная себестоимость.

Рассчитаем отпускную цену металлоизделия по формуле:

$$Ц = C_{\Pi} + C_{\Pi} \cdot \frac{P}{100}, \quad (64)$$

где C_{Π} - полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

P – рентабельность.

Расчет рентабельности P определяется как отношение желаемой суммы прибыли к общим суммарным затратам.

$$P = \frac{\Pi_{\text{ож}}}{C_{\Pi}} \cdot 100\%, \quad (65)$$

Рентабельность рассчитаем по формуле:

где $\Pi_{\text{ож}}$ – желаемая величина прибыли, руб.:

$$\Pi_{\text{ож}1} = 2\,000 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{ож}2} = 2\,326 \text{ руб.}$$

$$P_1 = \frac{2\,000}{3\,730,50} \cdot 100\% = 54\%;$$

$$P_2 = \frac{2\,326}{3\,404,49} \cdot 100\% = 68\%.$$

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП.44.03.04.555 ПЗ					

Отпускная цена исходя из формулы (64) составит:

$$Ц_1 = 3\,730,50 + 3\,730,50 \cdot \frac{54}{100} = 5\,730,50 \text{ руб.};$$

$$Ц_2 = 3\,404,49 + 3\,404,49 \cdot \frac{68}{100} = 5\,730,49 \text{ руб.}$$

$$B = Ц \cdot N, \quad (66)$$

Расчёт выручки от реализации годового объема металлоизделий, B по формуле:

$$B_1 = 5\,730,50 \cdot 6000 = 34\,383\,026 \text{ руб.};$$

$$B_2 = 5\,730,49 \cdot 6000 = 34\,382\,929 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (63) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий.

$$П_1 = 34\,383\,026 - 22\,383\,026 = 12\,000\,000 \text{ руб.};$$

$$П_2 = 34\,382\,929 - 20\,426\,929 = 13\,956\,000 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли ΔC в проектируемом

$$\Delta П = П_2 - П_1 \quad (67)$$

варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:

$$\Delta П = 13\,956\,000 - 12\,000\,000 = 1\,956\,000 \text{ руб.}$$

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}}, \quad (68)$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций, $N_{кр}$) проводим по формуле:

где $N_{кр}$ - критический объем выпуска продукции, металлоизделий в расчете на год;

$C_{пост}$ - постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий, $C_{п}$, за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска, $C_{т}$);

$Ц$ - отпускная цена металлоконструкции, руб./изделие;

$C_{пер}$ - переменные затраты, включающие технологическую себестоимость единицы изделия, руб./изделие.

$$C_{пост} = C_{п} - C_{т}, \quad (69)$$

$$C_{пост1} = 22\,383\,026 - 18\,799\,304 = 3\,583\,723 \text{ руб.};$$

$$C_{пост2} = 20\,426\,929 - 16\,271\,523 = 4\,155\,406 \text{ руб.}$$

Точка безубыточности для базового и проектируемого варианта, по формуле (68) составит $N_{кр.1}$ - для базового варианта, $N_{кр.2}$ - для проектируемого варианта:

$$N_{кр.1} = \frac{3\,583\,723}{5\,730,50 - 3\,133,22} = 1\,380 \text{ шт.};$$

$$N_{кр.2} = \frac{4\,155\,406}{5\,730,49 - 2\,711,92} = 1\,377 \text{ шт.}$$

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

$$P_{\text{тр}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{ор}}}, \quad (70)$$

Расчет производительности труда производим по формуле:

где B – выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

$\text{Ч}_{\text{ор}}$ – численность производственных рабочих, чел.

Производительность труда $P_{\text{тр1}}$ – для базового варианта, $P_{\text{тр2}}$ – для проектируемого варианта:

$$P_{\text{тр1}} = \frac{34\,383\,026}{5} = 6\,876\,605 \text{ руб/чел.};$$

$$P_{\text{тр2}} = \frac{34\,382\,929}{3} = 11\,460\,976 \text{ руб/чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений, $T_{\text{ок}}$ производится по

$$T_{\text{о}} = \frac{\Delta K_{\text{д}}}{\Delta \Pi}, \quad (71)$$

формуле:

где $\Delta K_{\text{д}}$ – инвестиции в оборудование проектируемого (второго) варианта, руб., 10 200 452;

$\Delta \Pi$ – изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом (втором) варианте в сопоставлении с базовым (первым), руб., 1 956 000.

$$T_{\text{о2}} = \frac{10\,200\,452}{1\,956\,000} = 5,2 \text{ года}$$

Сгруппированные результирующие показатели экономической эффективности представлены в виде таблице 22.

Таблица 22 – Показатели экономической эффективности

№	Показатели			Ед.	Значение показателей	Изменение
					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист 94

п/п		измере- ния	Первый вариант	Второй вариант	показателей (+/-)
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	6000	6000	0
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	тыс. руб.	34 383	34 383	0
3	Капитальные вложения, К	тыс. руб.	5 500	10 200	4 700
4	Технологическая себестоимость, С _т	тыс. руб.	18 799	16 272	-2 527
5	Полная себестоимость, С _п	тыс. руб.	22 338	20 427	-1 911
6	Прибыль от реализации годового объёма выпуска, П	тыс. руб.	12 000	13 956	1 956
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	5	3	-2
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего) П _{тр}	тыс. руб./чел.	6 877	11 461	4 584

1	2	3	4	5	6
9	Рентабельность продукции, R	%	54	68	14
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, Т _{ок}	лет		5,2	
11	Точка безубыточности	шт.	1380	1377	-3

Окончание таблицы 22

С внедрением роботизированной сварки сокращается численность рабочего персонала на 2 человека, снижается себестоимость продукции. Повышается прибыль предприятия, увеличивается производительность труда, рентабельности изделия. Срок окупаемости оборудования составляет 5 лет.

Не маловажный экономический эффект от внедрения роботизированной сварки состоит не только в определении технической эффективности и экономической, но и социальной эффективности, не имеющей строгих количественных мер выражения. К ним относятся:

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ДП.44.03.04.555 ПЗ

- экономия от снижения производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- экономия от снижения текучести кадров;
- экономия от снижения затрат на спецодежду, средства защиты и компенсацию за вредные условия труда.

3 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Развитие промышленного производства, совершенствование технологий, повышающиеся требования к качеству и производительности изготовления продукции. Эти факторы диктуют предприятиям систематически повышать профессиональный уровень своих работников. Появление новых профессий, исчезновение старых, изменение технических средств производства порождает необходимость самих работников предприятий совершенствовать свои профессиональные навыки и умения. Все эти обстоятельства способствуют развитию новых форм подготовки, переподготовки и повышению квалификации рабочих кадров.

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки корпуса специализированной техники типа «Колпак» со станком орудия. В процессе разработки предложено заменить полуавтоматическую электродуговую сварку на автоматическую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса предложено внедрение роботизированного комплекса в технологический процесс изготовления изделия. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих осуществляющих эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт данного оборудования.

К эксплуатации роботизированной системы по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор роботизированной сварки», с минимальным уровнем квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), 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 нормативные документы:

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

- Профессиональный стандарт. «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426);
- Профессиональный стандарт. «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301).

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

Рассмотрим и сравним характеристики обобщенных трудовых функций Профессиональных стандартов. В таблице 23 приведены выписки из Профессиональных стандартов: 40.109 выполнения роботизированной сварки, код А/05.3 уровня квалификации 3, и 40.002 частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей любой сложности), код С/04.4 уровень квалификации 4.

Таблица 23 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» (3-го разряда)

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор роботизированной сварки
1	2	3

Трудовые действия	<p>Проверка работоспособности, исправности и настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты.</p> <p>Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента</p>
-------------------	--	---

Продолжение таблицы 23

1	2	3
	<p>Исправление дефектов частично механизированной сваркой (наплавкой)</p> <p>Выполнение частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением (на основе знаний и практического опыта) конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности.</p> <p>Выполнение уникальных работ и участие в исследовательских работах</p>	<p>подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Выбор программы сварочных операций в соответствии с производственным заданием, конструкторской и производственно-технологической документацией.</p> <p>Выполнение роботизированной сварки.</p> <p>Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p>

Необходимые умения	<p>Проверять работоспособность, исправность и настраивать сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей).</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p> <p>Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой).</p> <p>Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций любой сложности.</p> <p>Участвовать (на основе знаний и практического опыта) в выполнении уникальных и в исследовательских работах по частично механизированной сварке (наплавки) плавлением.</p>	<p>Определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку.</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.</p> <p>Проверять систему безопасности сварочного оборудования (при ее наличии) перед началом сварки.</p> <p>Применять программное обеспечение (выбирать программы сварки) для роботизированного сварочного оборудования под конкретные условия сварки.</p> <p>Запускать и проверять траекторию манипулятора (робота) по заданной траектории без выполнения сварки.</p> <p>Пользоваться техникой роботизированной сварки по соответствующему процессу сварки.</p> <p>Контролировать процесс роботизированной сварки и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки</p>
--------------------	---	---

1	2	3
		<p>отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.</p> <p>Выполнять мероприятия, направленные на устранение аварийной ситуации при использовании оборудования для роботизированной сварки.</p> <p>Прогнозировать возникновение нештатных ситуаций в зависимости от положения робота.</p> <p>Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации</p>

Необходимые знания	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций.</p> <p>Порядок исправления дефектов сварных швов.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) любой сложности.</p> <p>Конструкторская, производственно-технологическая и нормативная документация для выполнения данной трудовой функции.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения.</p> <p>Сварочные материалы для роботизированной сварки.</p> <p>Основные группы и марки свариваемых материалов.</p> <p>Требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции.</p> <p>Виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку.</p> <p>Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля.</p> <p>Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.</p> <p>Назначение и условия применения роботизированной сварки. Причины возникновения и меры предупреждения внутренних</p>
--------------------	---	--

Продолжение таблицы 23

Окончание таблицы 23

1	2	3
		<p>напряжений и деформаций в свариваемых изделиях.</p> <p>Технология роботизированной сварки.</p> <p>Основы программирования робота: основные системы робота, программное обеспечение, система питания; основные настройки и подготовки робота, понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие системы координат, программирование движения и основные принципы написания, программное обеспечение робота, работа с различными инструментами,</p>

		использование программ для поиска положения свариваемой детали, написания простых программ для сварки (при существующей функции оборудования). Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте
--	--	--

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор роботизированной сварки» являются следующее:

Необходимые знания:

- Назначение и условия применения роботизированной сварки;
- Устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения;
- Виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку;
- Технология роботизированной сварки.
- Основы программирования робота: основные системы робота, программное обеспечение, система питания; основные настройки и подготовки робота, понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие системы координат, программирование движения и основные принципы написания, программное обеспечение робота, работа с различными инструментами, использование программ для поиска положения свариваемой детали, написания простых программ для сварки (при существующей функции оборудования).

Необходимые умения:

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

- Определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку;
- Проверять систему безопасности сварочного оборудования (при ее наличии) перед началом сварки;
- Применять программное обеспечение (выбирать программы сварки) для роботизированного сварочного оборудования под конкретные условия сварки;
- Запускать и проверять траекторию манипулятора (робота) по заданной траектории без выполнения сварки;
- Пользоваться техникой роботизированной сварки по соответствующему процессу сварки;
- Контролировать процесс роботизированной сварки и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения;
- Выполнять мероприятия, направленные на устранение аварийной ситуации при использовании оборудования для роботизированной сварки;
- Прогнозировать возникновение нештатных ситуаций в зависимости от положения робота.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор роботизированной сварки»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих

											Лист
											102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки», который представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки» 3-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	2	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		
Окончание таблицы 24		
1	2	3
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	3
1.4	Чтение чертежей	3
1.5	Спецтехнология	33
2. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		
2.1	Упражнения по роботизированной сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	34
2.2	Работа на предприятии	62
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	152

Продолжительность обучения один месяц.

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологий производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации и формирования ответственного отношения к труду. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного плана переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 25 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	2	3
1	Промышленные роботы. Основные термины, классификация, особенности.	1
2	Оборудование робототехнического комплекса дуговой сварки	2
2.1	Манипуляционные системы робототехнического комплекса	2
2.2	Сварочное оборудование робототехнического комплекса дуговой сварки	2

Окончание таблицы 25

1	2	3
2.3	Система управления и подсистема измерительных устройств геометрической и технологической адаптации робототехнического комплекса дуговой сварки	3
3	Технология роботизированной сварки	2
3.1	Программное обеспечение, система питания; основные настройки и подготовки робота	2
3.2	Понятие калибровки и юстировки робота, активация инструмента, понятие системы координат	3
3.3	Основные принципы программирование движения и работа с различными инструментами робота	6
3.4	Использование программ для поиска положения свариваемой детали,	6

	написания простых программ для сварки	
4	Контроль качества сварных швов	2
5	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	2
	Итого:	33

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники роботизированной сварки, устройство работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

3.4 Разработка плана – конспекта урока

Тема раздела: Сварочное оборудование робототехнического комплекса дуговой сварки

Тема урока: «Состав и назначение входящего в робототехнический комплекс дуговой сварки оборудования»

Цели занятия:

Обучающая: Сформировать знания об назначении и составе оборудования робототехнического комплекса.

Развивающая: Развить техническое и логическое мышление, познавательную активность, память, внимание, навыки самостоятельной работы.

Воспитательная: Воспитать ответственность за свой труд, дисциплину и бережное отношение к оборудованию.

Тип урока: Урок усвоения новых знаний.

Методы обучения: Словесный, наглядный.

Дидактическое обеспечение занятия:

Плакаты:

1 – Робототехнический комплекс с одним роботом;

2 – Промышленный робот с установленным сварочным оборудованием.

Учебник:

Гладков, Э.А. Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 421 с.

									Лист
									105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Климов А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: Учебное пособие / А.С. Климов, Н.Е Машнин. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 240 с.

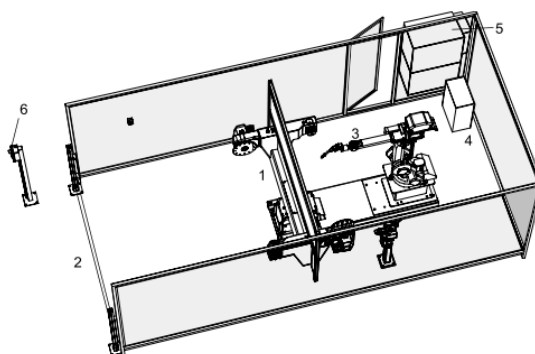
План –конспект

Таблица 26 – План-конспект урока по теме «Состав и назначение входящего оборудования в робототехнический комплекс дуговой сварки»

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 2 мин	Здравствуйте, прошу вас садиться, приготовьте тетради и авторучки	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 3 минут	Тема раздела нашего занятия «Оборудование робототехнического комплекса дуговой сварки» Тема занятия: «Состав и назначение входящего оборудования в робототехнический комплекс дуговой сварки» Цель нашего занятия: «Сформировать знание об составе и назначении оборудования входящего в робототехнический комплекс»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Изложение нового материала 30 минут	Робототехнический комплекс – это гибкая производственная система, в которой автоматически действующие машины, устройства, приспособления реализуют технологию производства, за исключением функции управления и контроля, осуществляемых человеком. Робототехнический комплекс (РТК) для дуговой сварки состоит из манипуляционной системы, сварочного оборудования, устройства	Прошу учащихся записать определения.

Продолжение таблицы 26

1	2	3
---	---	---



Плакат 1 - Робототехнический комплекс с одним роботом

управления с подсистемой геометрической и технологической адаптации и системы безопасности.

В манипуляционную систему входит:

1 – манипулятор для сварочного инструмента (ПР – промышленный робот, для перемещения сварочной горелки). Плакат 1 – поз. 3.

2 – манипулятора для свариваемого изделия (позиционер, кантователь). Плакат 1 – поз. 1

В составе одного РТК может быть несколько манипуляторов для инструмента и (или) изделия.

Распределение функций между ПР и позиционером зависит от способа осуществления их относительного перемещения, который определяется способом сварки, размерами и массой изделия, формой и расположением сварных швов, организацией сварочных операций и всего производственного процесса. Возможны следующие способы перемещения:

1 – изделие не изменяет положение в пространстве в течении всей операции, а ПР выполняет все перемещения, необходимые для сварки. Данный способ используется, когда все швы доступны для ПР или, когда переориентация изделия затруднена.

2 – положение изделия в пространстве периодически изменяется с помощью позиционера, кантователя и т.п., но во время сварочных операций изделие остается неподвижным. ПР выполняет перемещение, необходимые для сварки, с учетом смещения изделия при его переориентации. Этот способ применяют, когда необходима и достаточна

Обращаю внимание обучаемых на плакат 1 и плакат 2.

Рассказываю и показываю устройство робототехнического комплекса используя при этом плакаты.

Рассказываю подробнее об робототехнических комплексах

Продолжение таблицы 26

1	2	3
---	---	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП.44.03.04.555 ПЗ

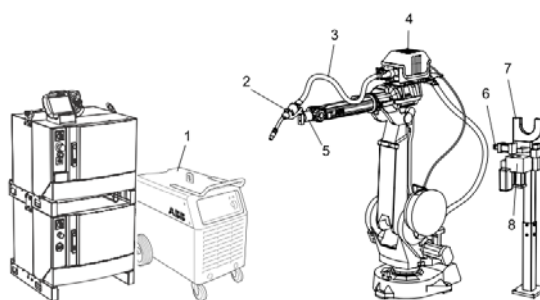
Лист

107

периодическая переориентация изделия, в настоящее время наиболее распространен.

3 – изделие и ПР непрерывно находятся в движении, обеспечивая перемещение сварочного инструмента (горелки) вдоль линии стыка с одновременным поддержанием зоны сварки во всех точках шва в заданном положении (например, нижнем). Способ наиболее сложен для системы управления, но является оптимальным для условий формирования сварного шва.

4 – изделие выполняет все перемещения, необходимые для сварки, а сварочный инструмент закреплен неподвижно. В этом способе промышленный робот используется в качестве манипулятора изделия. Применение способа ограничивается грузоподъемностью современных роботов. Применим при дуговой сварки для достаточно жестких конструкций компактной формы, не требующих крепления в сложных и тяжелых сборочно-сварочных приспособлениях. Преимущество способа является то, что один и тот же промышленный робот выполняет как загрузочно-разгрузочные операции, так и сварочные и вспомогательные перемещения. Наиболее распространен в точечной контактной сварки.



Плакат 2 - Промышленный робот с установленным сварочным оборудованием

Сварочное оборудование в РТК состоит из (Плакат 2):

1 – Источника питания сварочной дуги (широкое применение нашли инверторные источники сварочного тока).

Диктую объяснение составных частей. Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю

Окончание таблицы 26

1	2	3
---	---	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП.44.03.04.555 ПЗ

Лист

108

	<p>На плакате 1 – поз.4; 2 – Сварочной горелки; 3 – Внешний кабель горелки; 4 – Оборудование для подачи сварочной проволоки; 5 – Изолятор; 6 – Резак обрезки конца сварочной проволоки; 7 – Блок калибровки точки центра сварочной горелки; 8 – Блок очистки сопла сварочной горелки от брызг.</p> <p>В систему управления входит: 1 – Панель оператора. Плакат 1 – поз.6. 2 – Шкаф управления на плакате. Плакат 1 – поз. 5. На плакате 2 без цифры обозначения.</p> <p>Шкаф управления может быть в различных видах исполнения. Подразделяется на модуль управления и модуль привода ПР. Модуль привода обслуживает только один ПР. Модуль управления обслуживает контроллеры: геометрической и технологической адаптации, системы безопасности, периферийного оборудования.</p> <p>Система безопасности состоит из: 1 – Световых барьеров. Плакат 1 – поз.2.; 2 – Ограждения; 3 – Кнопки отключения системы безопасности, для входа в зону работы ПР во время его работы.</p>	<p>По ходу объяснения прошу записать составляющие РТК.</p>
<p>Первичное закрепление материала 5 мин.</p>	<p>Кратко повторяю основные тезисы попутно задавая вопросы по прочитанной теме: Зачем нужен модуль привода? Что входит в периферийное оборудование?</p>	<p>Слушаю и поправляю ответы обучаемых</p>
<p>Сообщение домашнего задания 5 мин.</p>	<p>Сообщение домашнего задания: Просмотрите свой конспект. У кого возникли сложности с темой урока посмотрите § 7.2 Состав робототехнических комплексов, по учебнику Э.А. Гладков - «Автоматизация сварочных процессов»</p>	<p>Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.</p>

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

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Оператор роботизированной сварки»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки сварщиков частично механизированной 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 роботизированной сварки», её содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем дипломном проекте разработана технология сборки-сварки корпусов типа «Колпак», заменяющая частично механизированную дуговую сварку в CO_2 , на роботизированную сварку в аргоносодержащей смеси, подобрано оборудование для роботизированной сварки корпусов типа «Колпак», подобраны сварочные материалы и рассчитаны режимы сварки для проектируемого варианта.

В экономической части дипломного проекта произведена оценка экономической эффективности от внедрения проектируемого варианта производства. Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия является экономически эффективным за счет снижения технологической себестоимости и уменьшения численности обслуживающего персонала, влияющих на себестоимость продукции.

В методической части дипломного проекта были проанализированы Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426), по профессии «Оператор роботизированной сварки» 3 разряда и Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301) по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» 4-го разряда.

Разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» на основании анализа профессиональных стандартов. Разработан тематический план и план конспект урока по теме: «Состав и назначение входящего оборудования в робототехнический комплекс дуговой сварки».

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что выбранное оборудование и разработанная технология позволяет повысить

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

производительность труда, снизить трудоёмкость процесса изготовления изделия, обеспечить снижение себестоимости, улучшить условия труда, а также увеличить, в нужный момент, выпуск производимых изделий с помощью эксплуатацией работа в 2-3 смены, не прибегая к увеличению численности квалифицированных сварщиков.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		117

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 МСТИ, «МСТА»! [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Красная звезда, 2005 – Режим доступа: http://old.redstar.ru/2005/11/11_11/7_01.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 13.01.2018)

2 Гладышев, С.А. Броневаы стали / С.А. Гладышев, В.А. Григорян. – М.: Интермет Инжиниринг, 2010. – 336 с.

3 Шолохов, М.А. Влияние формы разделки на остаточные напряжения в корпусных конструкциях специальной техники / М.А. Шолохов, А.С. Куркин, С.И. Полосков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. Выпуск 6. Часть 2. - С. 144-152.

4 Сварка и свариваемые материалы: справочное издание: в 3-х т. Т. 1. Свариваемость материалов / В.Н. Волченко, Э.Л. Макаров, В.В. Шип [и др.]; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.

5 Стеклов, О.И. Основы сварочного производства: Учеб. Пособие для тех. училищ / О.И. Стеклов. – М.: Высш. Школа, 1981. – 160 с.

6 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

7 Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

8 Сварочная нержавеющая проволока Св-08Х20Н9Г7Т [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Промышленная группа «СТАНДАРТ», 2018 – Режим доступа: <https://www.snab-ural.ru/svarochnaya-provoloka/svarochnaya-nerzhaveyuschaya-provoloka-sv-08h20n9g7t.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 08.02.2018)

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

9 Патон, Б.Е. Применение защитных газов в сварочном производстве (Обзор) / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. - 2014. № 6-7 (733). - С. 17-24.

10 Будур, А.И. Стальные конструкции. Справочник конструктора /А.И. Будур, В.Д. Белогулов. – К.: Изд-во «Сталь», 2004. - 210 с.

11 Лебедев, Б.Д. Расчетные методы в сварке плавлением: Учебн. пособие / Б.Д. Лебедев, В.В. Перемитько. - Днепродзержинск: Изд-во ДГТУ, 1988. - 285 с.

12 Мазур, А.А. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях: справочное пособие /А.А. Мазур, А.Н. Гнедаш, В.М. Илюшенко и др. - К.: Екотехнологія, 2008. - 66 с.

13 Бузорина, Д.С. Расчет параметров режима наплавки пристеночного валика при многопроходной сварке в защитных газах/М.А. Шолохов, Д.С. Бузорина //Автоматическая сварка. – 2013. №7. - С. 63-67.

14 Бузорина, Д.С. Совершенствование методики расчета параметров режима многопроходной сварки в защитных газах / Д.С. Бузорина, М.А. Шолохов, М.П. Шалимов //Автоматическая сварка. - 2014. №10. - С. 28-31.

15 Бузорина, Д.С. Исследование условий формирования шва и разработка методики расчета режимов дуговой сварки в защитных газах. На правах рукописи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Екатеринбург: Ризография НИЧ УрФУ, 2014. – 23 с.

16 Фивейский, А.М. Расчет эффективности применения инверторных источников питания / А.М. Фивейский, М.А. Шолохов, Д.С. Бузорина [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – DocPlayer.ru, 2018 – Режим доступа: <http://docplayer.ru/30484212-Fiveyskiy-a-m-sholohov-m-a-buzorina-d-s-ooo-shtorm-urfu-ekaterinburg-raschet-effektivnosti-primeneniya-invertornyh-istochnikov-pitaniya.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 08.02.2018)

						ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			113

17 Сварка и резка в промышленном строительстве. В 2 т. Т.2 / Б.Д. Малышев, Е.К. Алексеев, А.Н. Блинов и др.; Под ред. Б.Д. Малышева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 400 с.

18 Product specification IRB 1520. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ABB AB, Robotics, 2012-2017. - Режим доступа: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC043437-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 22.01.2018)

19 System description. Welding robot products. IRC5. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ABB Automation Technologies AB Robotics, 2006. – Режим доступа: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HEA802343-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 22.01.2018)

20 ESAB MIG/MAG Robot Package for ABB 1520ID/1600ID/2600ID. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ESAB AB, 2012. – Режим доступа: http://www.esabpolska.eu/karty_katalogowe/automatyzacja/Robot_package_ABB_XA00162420_EN.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

21 Aristo Mig 5000i 400V version. Инструкция по эксплуатации. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ESAB AB, 2003. – Режим доступа: <http://ms-spb.com/files/so/esab/pas/aristomig5000i.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 23.01.2018)

22 Robotic Welding solutions from ESAB. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ESAB Welding & Cutting Products, 2013. – Режим доступа: <http://www.esabna.com/shared/documents/litdownloads/aut-1075-robotics-solutions-catalogue.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

23 Aristo: RoboFeed 3004HW, FeedControl 3004HW. Instruction manual. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ESAB AB, 2012. – Режим

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

доступа: <http://www.esab.com/gb/en/support/upload/Aristo-RoboFeed-3004HW-FeedControl-3004HW.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

24 Product specification TSC. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ABB Flexible Automation AB, 1998 – Режим доступа: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=product.spec.tsc020322&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

25 Product Specification / Spare Parts List. Torch cleaner TC 96. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ABB Flexible Automation AB, 1999 – Режим доступа: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=product.manual.TC96.020321&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

26 Operator's manual. Arc welding products. IRC 5 Design 2006. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ABB Automation Technologies AB Robotics, 2006 – Режим доступа: <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HEA802344-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

27 IRC5 Industrial Robot Controller. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – ABB AB Robotics, 2014 – Режим доступа: <http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=ROB0295EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 23.01.2018)

28 Хольст, Ф. Партнеры, использующие роботы компании ABB, объединяются для работы на предприятии «НефАЗ» / Филип Хольст, Алекс Жирофле // Svetsaren 2009 № 1 (64) с. 21 – 24

					ДП.44.03.04.555 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

29 Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учебное пособие / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с.

30 Учебно-методический комплекс дисциплины «Проектирование сварочных цехов» / Е.В. Радченко - Екатеринбург, ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016. - 58 с.

31 Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». / А.И. Красовский. – М.: Машиностроение, 1980. – 319 с.

32 Методические указания для выполнения экономического раздела выпускных квалификационных работ. / М.А.Федулова, Д.Х.Билалов Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2015. - 23 с.

33 Паламарчук, А.С. Практика формирования цен на продукцию, товары, услуги / А.С. Паламарчук // Справочник экономиста. - 2011. №2. - С. 52-65.

34 Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ООО «НПП «Гарант-Сервис», 2018. - Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/70525014/paragraph/1:0>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.02.2018)

35 Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код 40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – ООО «НПП «Гарант-Сервис», 2018. - Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/71298726:0>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.02.2018)

36 Рекомендации к разработке учебных планов и программ для краткосрочной подготовки граждан по рабочим профессиям (основные

											Лист
											116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

требования) [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. – АО «Кодекс», 2018. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420273739>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 10.02.2018)

37 Гладков, Э.А. Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 421 с.

38 Климов А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: Учебное пособие / А.С. Климов, Н.Е Машнин. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 240 с.

39 ГОСТ 2246 - 70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. - Введ. 1973-01-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартиформ, 2008. – 20 с.

40 ГОСТ 8050 - 85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. - Введ. 1987-01-01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартиформ, 2006. – 24 с.

41 ГОСТ Р ИСО 14175 - 2010. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. Материалы сварочные. - Введ. 2012-01-01. – М.: Национальный стандарт РФ: Стандартиформ, 2011. – 14 с.

42 ГОСТ 14771 - 76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - Введ. 1977-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 39 с.

43 ГОСТ 3242 - 79. Соединения сварные. Методы контроля качества. - Введ. 1981-01-01. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1989. – 14 с.

44 ГОСТ 18442 - 80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. - Введ. 1981-07-01. – М.: Межгосударственный стандарт: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 16 с.

					<i>ДП.44.03.04.555 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		117

Приложение А – Лист задания для выполнения ВКР

Приложение Б – Спецификация ДП 44.03.04.555