

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОМЫСЛА КАРЬЕРНОГО
ЭКСКАВАТОРА**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки: 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)

Профиль: Машиностроение и материалобработка

Профилизация: Технологии и технологический менеджмент в сварочном
производстве

Идентификационный код ВКР: 631

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 в профессиональном обучении в
машиностроении и металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б.Н. Гузанов
« ____ » _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОМЫСЛА КАРЬЕРНОГО
ЭКСКАВАТОРА

Исполнитель:
студент группы ЗСМ-404С

_____ Д.Л. Ваганов

Руководитель:
ст. преподаватель

_____ Е.В. Радченко

Нормоконтролер:
доц., к.т.н., доц.

_____ Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Технологический раздел	7
1.1 Назначение изделия.....	7
1.2 Анализ сварной конструкции коромысла	8
1.3 Материал изделия.....	9
1.4 Особенности сварки стали 10ХСНД	10
1.5 Склонность к трещинообразованию стали 10ХСНД.....	12
1.5.1 Склонность стали к ГТ по показателю Уилкинсона.....	12
1.5.2 Склонность стали к ХТ	13
1.5.2.1 Оценка ХТ по эквиваленту углерода.....	13
1.6 Способы сварки	14
1.6.1 Ручная дуговая сварка	14
1.6.2 Автоматическая сварка под слоем флюса	15
1.6.3 Механизированная сварка в защитных газах.....	19
1.6.4 Автоматическая сварка в среде защитных газов	21
1.6.5 Смеси защитных газов	25
1.6.6 Преимущества и недостатки автоматической сварки	26
1.7 Изменение технологического процесса	27
1.8 Выбор сварочного материала	28
1.9 Расчет режимов и геометрических параметров сварных соединений.....	31
1.9.1 Выбор типа соединений	31
1.10 Выбор основного сварочного оборудования	45
1.10.1 Сварочный робот QRC-320	45
1.10.2 Источник питания QINEO® STEP 600.....	47
1.10.3 Выбор заготовительного и сборочного оборудования.....	48
1.10.4 Двухосевой позиционер с наклоняемым двухстоечным вращателем	48

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

1.10.5 Сварочная колонна для сварочного работа.....	49
1.10.6 Оснастка.....	50
1.10.7 Станок термической резки металла с ЧПУ	53
1.10.8 Технология сварочного процесса	55
2 Экономический раздел.....	65
3 Методический раздел.....	88
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.	89
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки».....	100
3.3 Разработка учебной программы предмета «Специальная технология»	102
3.4 Разработка плана – конспекта урока	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	111
Приложение А. Лист задания.....	114
Приложение Б. Спецификация.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Карьерный гусеничный экскаватор предназначен для разработки и погрузки в транспортные средства полезных ископаемых и пород вскрыши на открытых горных работах, а также для отвал - образования и погрузочных работ на складах и в схемах циклично-поточной технологии.

В зависимости от категории разрабатываемых пород, работы производятся без предварительного рыхления или с предварительным рыхлением взрывом.

Экскаваторы выпускаются для различных климатических условий. Все механизмы экскаваторов представляют собой законченные технологические узлы, что позволяет вести ремонт экскаваторов агрегатным методом.

В процессе эксплуатации экскаваторов в различных забоях угольных и железорудного карьеров ЭКГ-18 зарекомендовал себя надежной производительной машиной.

Производство коромысла экскаватора механизировано. Процесс сварки осуществляется с помощью менее производительных и плохих по условиям работы сварщиков способов сварки – механизированная сварка.

Актуальным становится внедрение и замена этого способа на автоматическую сварку в среде защитных газов, что повлечет улучшение санитарно-гигиенических условий труда рабочих, снижение трудоемкости процесса изготовления, повышение производительности труда, уменьшение экологической опасности производства.

Объектом разработки является технологический процесс изготовления коромысла экскаватора ЭКГ-18.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки коромысла экскаватора ЭКГ-18.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления коромысла экскаватора ЭКГ-18 с использованием автоматической и механизированной сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант изготовления коромысла экскаватора ЭКГ-18;
- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки коромысла экскаватора;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления коромысла экскаватора ЭКГ-18, включающий автоматическую сварку и механизированную сварку в среде защитного газа.

В экономической части – приведено технико-экономическое обоснование данной разработки;

Методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства коромысла экскаватора ЭКГ-18.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие методы:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

1 Технологический раздел

1.1 Назначение изделия

Коромысло экскаватора является рабочей частью служащей для подвески ковша (рисунок 1). Верхние две проушины крепятся к подъемным канатам проходящих через головной блок стрелы. К нижним четырем проушинам крепится ковш экскаватора шарнирно, тем самым образуя подвижное звено. Полезная весовая нагрузка ковша экскаватора составляет 40 тонн.

Поэтому сталь используемая для изготовления коромысла экскаватора обладает высокой ударной вязкостью как при положительной, так и при отрицательных температурах.

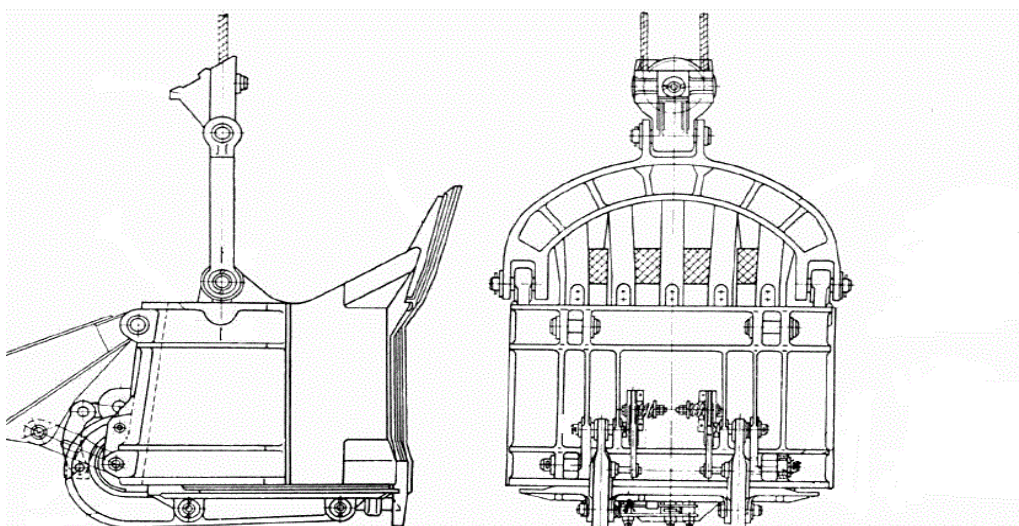


Рисунок 1 – Схема крепления коромысла

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1.2 Анализ сварной конструкции коромысла

Коромысло представляет собой сварную конструкцию (рисунок 2), коробчатого сечения, состоящую из листового металлопроката толщиной 24 мм и 40 мм, шестью поковок (проушины) толщиной 110 и 120 мм. Вес конструкции 3874 кг, материал конструкции 10ХСНД, длина коромысла 4175 мм, высота 1900 мм, толщина 460 мм.

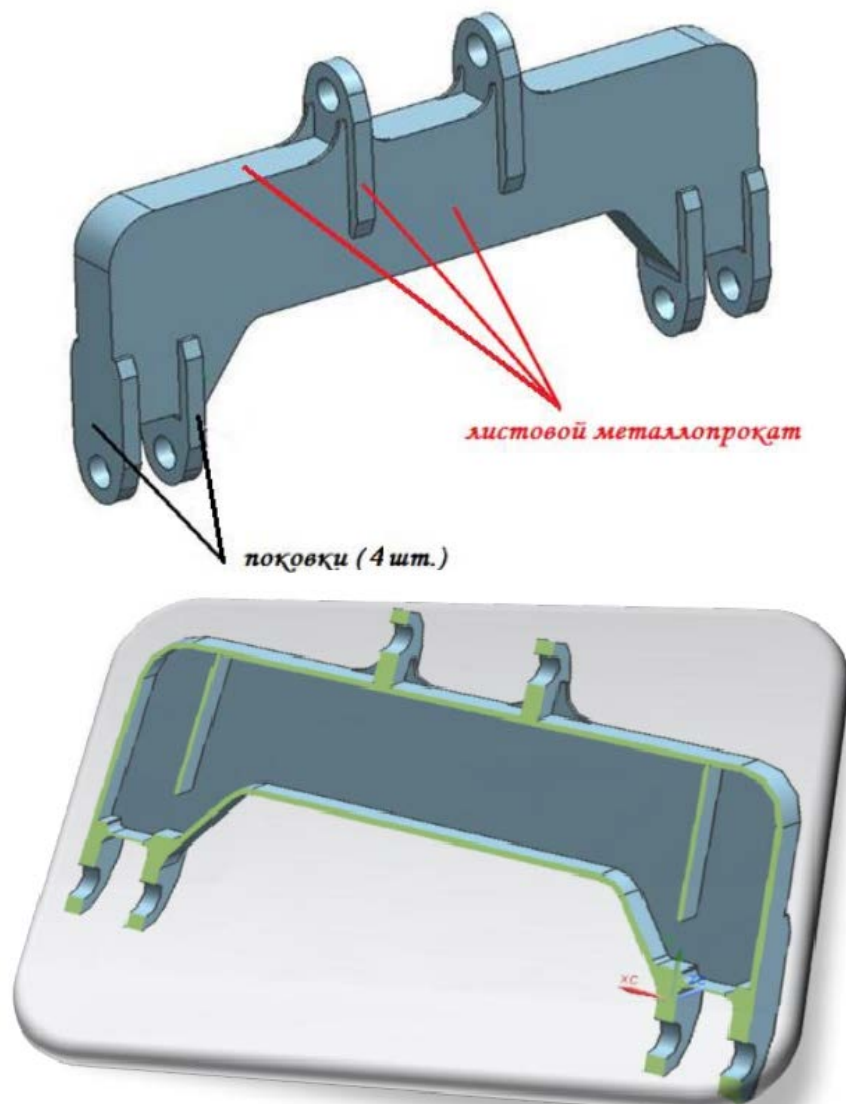


Рисунок 2- Сварная конструкция коромысла.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

8

1.3 Материал изделия

Материал изделия сталь 10ХСНД ГОСТ 19281-89. Химический состав представлен в таблице 1. Механические свойства представлены в таблице 2. Сталь применяется в различных элементах сварных металлоконструкций и различных деталях, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от -70 до 450 °С [1].

Таблица 1 – Химический состав стали 10ХСНД

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	N	P	S
Содержание, массовые доли, %	До 0.12	0.8-1.1	0.5 - 0.8	0.6-0.9	0.5-0.8	0.4-0.6	До 0.008	До 0.035	До 0.04

Таблица 2 – Механические свойства стали 10ХСНД при +20⁰С

Сортамент	Размер	σ_b	σ_T	δ	ϕ	КСУ
-	мм	МПа	МПа	%	%	Дж / см ²
Лист, ГОСТ 19281-89	-	685	390	19	40	290

Данная марка стали относится к низколегированным конструкционным сталям и отличается очень высокими параметрами прочности. Это обусловлено ее составом: в ней присутствуют легирующие элементы хром, никель и молибден, которые повышают прочностные свойства. Благодаря этим же компонентам обеспечивается невосприимчивость к коррозии. Кроме того, сталь 10ХСНД обладает хорошими показателями свариваемости и ударной вязкости. По свариваемости к материалу не применяется никаких ограничений, процесс можно проводить без подогрева и дальнейшей термической обработки.

Свое использование материал находит в основных элементах сварных конструкций, эксплуатация которых допускается при температуре от -70°С до +450°С. Также возможен монтаж металлоконструкций в северном испол-

нении. Из этой стали производят различный металлопрокат: сортовой прокат, включая фасонный; листы тонкие и толстые; полосы; поковки и кованные заготовки; трубы. Вся продукция обладает низким порогом хладноломкости и высокими показателями прочности.

Свариваемость без ограничений. При сварке используют АДС под флюсом и газовой защитой, РДС, ЭШС. Обрабатывается резанием в нормализованном и опущенном состоянии $\sigma_{\text{в}}=560\text{Мпа}$. Сталь малосклонна к отпускной хрупкости.[2]

1.4 Особенности сварки стали 10ХСНД

Низколегированные стали относятся к разряду хорошо свариваемых. Однако наличие в них легирующих элементов обуславливает возможность появления закалочных структур в зоне термического влияния, что при неблагоприятном сочетании других факторов может вызвать уменьшение стойкости ее против холодных трещин. Легирующие элементы могут снизить также сопротивляемость швов горячим трещинам, усугубить или, напротив, ослабить последствия перегрева и склонность к хрупкому разрушению металла в зоне термического влияния и шве. Особые затруднения возникают при сварке термически улучшенных сталей, которые разупрочняются в различных участках зоны термического влияния.

Наибольшие трудности при сварке сталей этого класса связаны с получением требуемой ударной вязкости металла шва и зоны термического влияния вблизи границы сплавления. Низкая стойкость против хрупкого разрушения низколегированных сталей, подвергнутых перегреву при электрошлаковой сварке, может явиться следствием значительного укрупнения аустенитного зерна и внутризеренной структуры, образования вид манштеттовой структуры и ферритных оторочек по границам зерен, повышенной хрупкости ферритной основы металла, развития высокотемпературной химической не-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

однородности, перераспределения и выделения по границам зерен карбидов или легкоплавких сульфидных включений.

Подобные же причины вызывают снижение стойкости против хрупкого разрушения металла шва. В противоположность металлу зоны термического влияния, который под влиянием сварочного нагрева претерпевает $\alpha - \gamma - \alpha$ - превращение, в металле шва происходит только превращение $\gamma - \alpha$. Это обстоятельство, а также крупнозернистость строения металла шва вызывают заметную его химическую неоднородность, в особенности по наиболее ликвирующим примесям стали-сере, фосфору, углероду.

Распределение неметаллических включений в металле шва в значительной степени определяется направленностью роста кристаллитов, зависящей, в свою очередь, от режимов сварки. С увеличением скорости сварки (скорости подачи проволоки) и глубины металлической ванны количество сульфидов, оттесненных кosi шва растущими под тупым углом кристаллитами, увеличивается, а ударная вязкость металла шва понижается.

Уменьшают сопротивляемость хрупким разрушениям газы - кислород и азот, находящиеся в твердом растворе, и повышенная плотность дислокаций в металле шва.

В соединениях из большинства низколегированных сталей ударная вязкость металла шва и зоны термического влияния вблизи границы сплавления в участках перегрева и твердо-жидкого состояния при комнатной температуре в состоянии после сварки или после отпуска обычно удовлетворяет требованиям соответствующих технических условий. При более низких температурах ударная вязкость этих участков зачастую низка. По этим причинам выбор технологии электрошлаковой сварки и последующей термообработки во многом определяется условиями эксплуатации конструкции и стойкостью низколегированной стали и металла шва в сварном соединении против хрупкого разрушения.

Существует ряд возможностей для получения соединений с высокими свойствами. Они состоят в рациональной термообработке, режимов и технологических приемов сварки. Задача технолога состоит в оценке сопротивляемости хрупкому разрушению металла шва и свариваемой стали в зоне термического влияния и определении применительно к конкретным конструкциям и условиям их эксплуатации, рациональных методов повышения свойств соединений.

1.5 Склонность к трещинообразованию стали 10ХСНД

Одним из основных показателей свариваемости является склонность к горячим и холодным трещинам. Для оценки свариваемости воспользуемся уравнениями для оценки склонности к горячим трещинам. Для расчетов принимаем средние арифметические массовые доли элементов (таблица 3).

Таблица 3 – Средне арифметический химический состав стали 10ХСНД

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	N	P	S
Содержание, массовые доли, %	0.12	0.95	0.65	0.75	0.65	0.5	0.008	0.035	0.04

1.5.1 Склонность стали к ГТ по показателю Уилкинсона

$$HCS = \frac{(C * (S + P + \frac{Si}{25} + 0.01 * Ni)) * 1000}{3 * Mn + Cr + Mo + V} \quad (1)$$

$$HCS = \frac{(0.12 * (0.04 + 0.035 + \frac{0.95}{25} + 0.01 * 0.65)) * 1000}{3 * 0.65 + 0.75} = 5,3$$

При сварке сталей с пределом прочности не более 700 МПа при $HCS < 4,0$ горячие трещины не появляются. Сталь склонна к ГТ.

1.5.2 Склонность стали к ХТ

1.5.2.1 Оценка ХТ по эквиваленту углерода

$$C_{\text{ЭКВ}}=[C+\text{Mn}/6+(\text{Cr}+\text{Mo}+\text{V})/5+(\text{Ni}+\text{Cu})/15] \quad (2)$$

$$C_{\text{ЭКВ}}=[0.12+0.65/6+(0.75)/5+(0.65+0.5)/15]=0.45$$

При сварке сталей с эквивалентом углерода $C_{\text{ЭКВ}} > 0,40 \dots 0,45\%$ возможно появление холодных трещин, обусловленных образованием закалочных структур в ОШЗ.

Сталь не склонна к ХТ.

1.5.2.2 Оценка ХТ по Д. Сефериану

$$C_x=[360C+40(\text{Mn}+\text{Cr})+20\text{Ni}+20\text{Mo}] \quad (3)$$

$$C_x=[360 \cdot 0.12+40(0.65+0.75)+20 \cdot 0.65+0]/360=0.3$$

$$\text{а) } C_{\text{ЭКВ}} = C_x \cdot (1+0,005 \cdot \delta) = 0.3 \cdot (1+0,005 \cdot 24) = 0.33$$

где δ -минимальная толщина детали.

$$\text{б) } C_{\text{ЭКВ}} = C_x \cdot (1+0,005 \cdot \delta) = 0.3 \cdot (1+0,005 \cdot 120) = 0.48$$

где δ -максимальная толщина детали.

Появление холодных трещин вероятно при $[C]=0,40 \dots 0,45\%$. Сталь не склонна к ХТ.

Так же влияет на трещинообразование и скорость охлаждения и нахождение в температурном интервале хрупкости. Температурный интервал хрупкости - интервал температур, при которых затвердевающие сплавы обладают низкими механическими свойствами. Верхней границей температурного интервала хрупкости солидуса является температура начала линейной

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

усадки сплава; нижней - температура вблизи температуры солидуса. В этом интервале металл имеет низкую пластичность и может разрушиться из за нарастающих напряжений. Увеличение скорости охлаждения приводит к снижению равновесных критических температур, причем особенно сильно снижается температура солидуса. Как правило, это приводит к расширению области твердо - жидкого состояния, и к расширению температурного интервала хрупкости и следовательно увеличению вероятности получения разрушений при твердо - жидком состоянии металла (кристаллизационные трещины).
Расширяет интервал твердо - жидкого состояния сера и фосфор.

Исходя из полученных результатов делаем вывод что свариваемость стали без ограничений [4].

1.6 Способы сварки

1.6.1 Ручная дуговая сварка

Основной особенностью сварки сталей является обеспечение требуемого химического состава металла шва при различных типах сварных соединений и пространственных положениях сварки с учетом изменения глубины проплавления основного металла и количества наплавленного металла. Это заставляет корректировать состав покрытия с целью обеспечения необходимого содержания в шве феррита и предупреждения, таким образом, образования в шве горячих трещин, а также достижения необходимой жаропрочности и коррозионной стойкости швов. Получению металла шва с необходимыми химическим составом и структурами и уменьшению угара легирующих элементов способствует применение электродов с фтористокальциевым (основным) покрытием и поддержание короткой дуги без поперечных колебаний электрода. Последнее уменьшает и вероятность образования дефектов на поверхности основного металла в результате прилипания брызг. Тип покрытия электрода определяет необходимость использования постоянного тока

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

обратной полярности, величину которого назначают так, чтобы отношение его к диаметру электрода не превышало 25—30 А/мм. В потолочном и вертикальном положениях сварочный ток уменьшают на 10—30% по сравнению с током, выбранным для нижнего положения сварки. Сварку покрытыми электродами рекомендуется выполнять ниточными швами и для повышения стойкости против горячих трещин применять электроды диаметром 3 мм. Во всех случаях следует обеспечивать, минимальное проплавление основного металла. Электроды перед сваркой должны быть прокалены при 250—400 °С в течение 1—1,5 ч для уменьшения вероятности образования в швах пор и трещин вызываемых водородом. Тип электродов для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами определяется ГОСТ 10052—75. Размеры и общие технические требования регламентированы ГОСТ 9466—75.

1.6.2 Автоматическая сварка под слоем флюса

Сварка под флюсом является одним из основных процессов сварки высоколегированных сталей толщиной 3—50 мм. Основным преимуществом этого способа перед ручной дуговой сваркой покрытыми электродами является стабильность состава и свойств металла по всей длине шва при сварке как с разделкой, так и без разделки кромок. Это обеспечивается возможностью получения шва любой длины без кратеров, образующихся при смене электродов, равномерностью плавления электродной проволоки и основного металла по длине шва и более надежной защитой зоны сварки от окисления легирующих компонентов кислородом воздуха. Хорошее формирование поверхности швов с мелкой чешуйчатостью и плавным переходом к основному металлу, отсутствие брызг на поверхности изделия заметно повышают коррозионную стойкость сварных соединений. Уменьшается трудоемкость подготовительных работ, так как разделку кромок производят на металле толщиной свыше 12 мм (при ручной сварке — на металле толщиной 3—5 мм).

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

Возможна сварка с повышенным зазором и без разделки кромок стали толщиной до 30—40 мм. Уменьшение потерь на угар, разбрызгивание и огарки электродов на 10—20% снижает расход дорогостоящей сварочной проволоки.

Техника и режимы сварки высоколегированных сталей и сплавов имеют ряд особенностей по сравнению со сваркой обычных низколегированных сталей. Для предупреждения перегрева металла и связанного с этим укрупнения структуры, возможности появления трещин и снижения эксплуатационных свойств сварного соединения, рекомендуется выполнять сварку швами небольшого сечения. Это обуславливает применение сварочных проволок диаметром 2—3 мм, а с учетом высокого электросопротивления аустенитных сталей — необходимость уменьшения вылета электрода в 1,5—2 раза. Аустенитные сварочные проволоки в процессе изготовления сильно наклепываются и имеют высокую жесткость, что затрудняет работу правильных, подающих и токоподводящих узлов сварочных установок, снижая срок их службы.

Шов легируют через флюс или проволоку. Последний способ более предпочтителен, так как обеспечивает повышенную стабильность состава металла шва. Для сварки под флюсом аустенитных сталей и сплавов используют сварочные проволоки, выпускаемые по ГОСТ 2246—70 и по ведомственным техническим условиям, и низко-кремнистые фторидные и высокоосновные бесфтористые флюсы, создающие в зоне сварки без-окислительные или мало-окислительные среды, способствующие минимальному угару легирующих элементов. У флюсов, применяемых для коррозионностойких сталей, необходимо контролировать углерод, содержание которого не должно быть выше 0,1—0,2%. Наибольшее применение для сварки коррозионных сталей получили низко-кремнистые флюсы АН-26, 48- ОФ-Ю и АНФ-14.

Сварку жаростойких сталей аустенитно-ферритными проволоками типа 08Х25Н13БТЮ выполняют под низко-кремнистыми флюсами АН-26, АНФ-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

14 и 48-ОФ-10. При сварке стабильно-аустенитными проволоками и проволоками, содержащими легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан, бор и др.), применяют нейтральные фторидные флюсы АНФ-5, 48-ОФ-Ю. Для обеспечения стойкости против горячих трещин аустенитных швов рекомендуют применять фторидный-борисный флюс АНФ-22.

Сварку под фторидными флюсами производят на постоянном токе обратной полярности, а под высокоосновными бесфтористыми флюсами — на постоянном токе прямой полярности. При этом для получения той же глубины проплавления, что и на углеродистых сталях, сварочный ток следует снизить на 10—30%. Для снижения вероятности образования пор в швах флюсы для высоколегированных сталей необходимо прокалывать непосредственно перед сваркой при 500—900 0С в течение 1—2 ч. Остатки шлака и флюса на поверхности швов необходимо тщательно удалять.

Сварка под флюсом в сочетании с высоколегированными проволоками обеспечивает получение требуемых свойств сварных соединений.

Достоинства способа:

- повышенная производительность;
- минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- отсутствие брызг;
- максимально надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
- не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
- малые затраты на подготовку кадров;
- отсутствует влияния субъективного фактора.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Недостатки способа:

- трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- неблагоприятное воздействие на оператора;
- нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

Области применения:

- сварка в цеховых и монтажных условиях;
- сварка металлов от 1,5 до 150 мм и более;
- сварка всех металлов и сплавов, разнородных металлов.

Пути повышения производительности:

- сварка (наплавка) независимой дугой, горящей между двумя электродами (к изделию ток не подводят);
- при большом расстоянии от дуги до поверхности изделия основной металл вообще не проплавляется;
- сварка трёхфазной дугой, при которой глубина проплавления зависит от соотношения токов в дугах, горящих между электродами и изделием;
- сварка разнородными дугами. Питание дуги между электродами и изделием осуществляется при этом постоянным током, а дуги между электродами - переменным током.
- однофазная двухэлектродная наплавка, основанная на питании электродов и изделия от концов и середины вторичной обмотки сварочного трансформатора;
- наплавка с подачей присадочной проволоки в дугу (к проволоке ток не подводят);

- сварка (наплавка) по подкладке из металла требуемого химического состава и выполняющую функцию теплопоглощения сварочной дуги и повышения коэффициента наплавки;
- сварка комбинированной дугой (зависимой и независимой, горячей между основным и дополнительным электродами);
- сварка расщеплённым электродом;
- сварка (наплавка) ленточным электродом;
- сварка многодуговая: в общую ванну или в разделённые ванны.

1.6.3 Механизированная сварка в защитных газах

Сварку в защитных газах можно выполнять неплавящимся, обычно вольфрамовым, или плавящимся электродом.

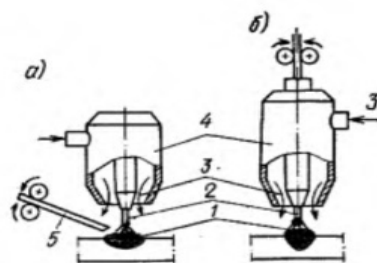
В первом случае сварной шов получается за счет расплавления кромок изделия и, если необходимо, подаваемой в зону дуги присадочной проволоки. Плавящийся электрод в процессе сварки расплавляется и участвует в образовании металла шва. Для защиты применяют три группы газов: инертные (аргон, гелий); активные (углекислый газ, азот, водород и др.); смеси газов инертных, активных или первой и второй групп. Выбор защитного газа определяется химическим составом свариваемого металла, требованиями, предъявляемыми к свойствам сварного соединения; экономичностью процесса и другими факторами.

Смесь инертных газов с активными рекомендуется применять и для повышения устойчивости дуги, увеличения глубины проплавления и изменения формы шва, металлургической обработки расплавленного металла, повышения производительности сварки. При сварке в смеси газов повышается переход электродного металла в шов.

В зону сварки защитный газ может подаваться центрально (рисунок 4и рисунок 5а,в), а при повышенных скоростях сварки плавящимся электродом

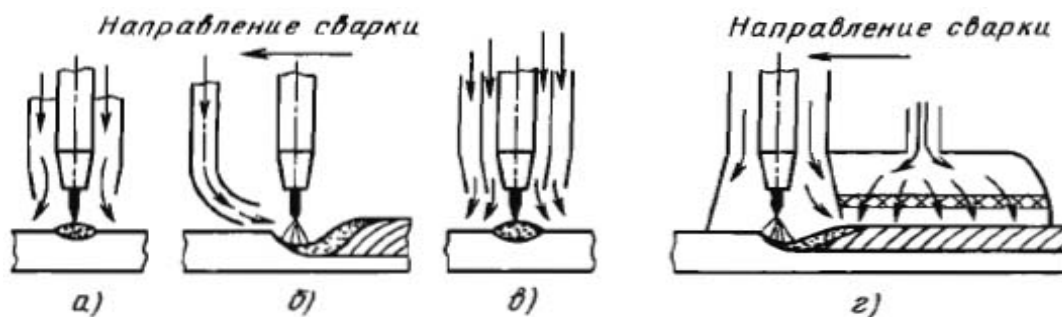
					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

— сбоку (рисунок 5 б). Для экономии расхода дефицитных и дорогих инертных газов используют защиту двумя отдельными потоками газов (рисунок 5в); наружный поток — обычно углекислый газ. При сварке активных материалов для предупреждения контакта воздуха не только с расплавленным, но и с нагретым твердым металлом применяют удлиненные насадки на сопла, подвижные камеры (рисунок 5г). Наиболее надежная защита достигается при размещении изделия в стационарных камерах, заполненных защитным газом. Для сварки крупногабаритных изделий используют переносные камеры из мягких пластичных обычно прозрачных материалов, устанавливаемых локально над свариваемым стыком. Теплофизические свойства защитных газов оказывают большое влияние на технологические свойства дуги, а значит на форму и размеры шва. При равных условиях дуга в гелии по сравнению с дугой в аргоне является более «мягкой», имеет более высокое напряжение, а образующийся шов имеет меньшую глубину проплавления и большую ширину. Углекислый газ по влиянию на форму шва занимает промежуточное положение.



а, б-неплавящимся, плавящимся электродом; 1-сварочная дуга; 2-электрод; 3-защитный газ; 4-газовое сопло (горелка); 5-присадочная проволока.

Рисунок 4 - Схема сварки в защитных газах



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

20

а-центральная; б-боковая; в-двумя концентрическими потоками; г- в подвижную камеру (насадку); 1-электрод; 2-защитный газ; 3, 4-наружный и внутренний потоки защитных газов; 5-насадка; 6 –распределительная сетка

Рисунок 5 - Схемы подачи защитного газа в зону сварки

1.6.4 Автоматическая сварка в среде защитных газов

В качестве защитных используют инертные (аргон, гелий) и активные (углекислый газ, азот) газы, а также различные смеси инертных или активных газов и инертных с активными. Сварку в защитных газах можно использовать для соединения материалов различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров). Применение защитных газов с различными теплофизическими свойствами и их смесей изменяет тепловую эффективность дуги и условия ввода тепла в свариваемые кромки и расширяет технологические возможности процесса сварки. При сварке в инертных газах повышается стабильность дуги и снижается угар легирующих элементов что важно при сварке высоколегированных сталей. Заданный химический состав металла шва можно получить путем изменения состава сварочной (присадочной) проволоки и доли участия основного металла в образовании шва, когда составы основного и электродного металлов значительно различаются, или путем изменения характера металлургических взаимодействий за счет значительного изменения состава защитной атмосферы при сварке плавящимся электродом. Сварка в среде защитных газов обеспечивает формирование швов в различных пространственных положениях, что позволяет применять этот способ вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Сварку аустенитных сталей в инертных газах выполняют неплавящимся (вольфрамовым) или плавящимся электродом.

Сварку вольфрамовым электродом производят в аргоне по ГОСТ 10157 и гелии или их смесях и применяют обычно для материала толщиной до 5—7 мм. Однако в некоторых случаях, например при сварке неповоротных стыков труб, применяют и при большой толщине стенки (до 100 мм и более). При-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

менять этот способ необходимо также для сварки корневых швов в разделке при изготовлении ответственных толстостенных изделий.

В зависимости от толщины и конструкции сварного соединения сварку вольфрамовым электродом производят с присадочным материалом или без него. Процесс осуществляют вручную с использованием специальных горелок или автоматически на постоянном токе прямой полярности. Исключение составляют стали и сплавы с повышенным содержанием алюминия, когда для разрушения поверхностной пленки окислов, богатой алюминием, следует использовать переменный ток.

Сварку можно выполнять непрерывно горячей или импульсной дугой. Импульсная дуга уменьшает протяженность около шовной зоны и коробление свариваемых кромок, а также обеспечивает хорошее формирование шва на материале малой толщины. Особенности кристаллизации металлов сварочной ванны при этом способе сварки способствуют дезориентации структуры, что уменьшает вероятность образования горячих трещин, однако может способствовать образованию около шовных надрывов. Для улучшения защиты и формирования корня шва используют поддув газа, а при сварке корневых швов на металле повышенной толщины применяют и специальные расплавляемые вставки. При сварке вольфрамовым электродом в инертных газах погруженной дугой увеличение доли тепла, идущей на расплавление основного металла, позволяет без разделки кромок, за один проход сваривать металл повышенной толщины. Однако около шовная зона расширяется, и возникает опасность перегрева металла.

Высоколегированные стали сваривают плазменной сваркой. Преимуществами этого способа являются чрезвычайно малый расход защитного газа, возможность получения плазменных струй различного сечения (круглой, прямоугольной и т.п.) и изменения расстояния от плазменной горелки до изделия. Плазменную сварку можно использовать как для тонколистовых материалов, так и для металла толщиной до 12 мм. Применение ее для соедине-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

ния сталей большей толщины затрудняется из-за возможности образования в швах подрезов.

Сварку плавящимся электродом производят в инертных, а также активных газах или смеси газов. При сварке высоколегированных сталей, содержащих легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан и др.), следует использовать инертные газы, преимущественно аргон, и вести процесс на плотностях тока, обеспечивающих струйный перенос электродного металла. При струйном переносе дуга имеет высокую стабильность, и практически исключается разбрызгивание металла, что важно для формирования швов в различных пространственных положениях и для ликвидации очагов коррозии, связанных с разбрызгиванием при сварке коррозионно-стойких и жаростойких сталей. Однако струйный перенос возможен на токах выше критического, при которых возможно образование прожогов при сварке тонколистового металла. Добавка в аргон до 3—5% O₂ и 15—20% CO₂ уменьшает критический ток, а создание при этом окислительной атмосферы в зоне дуги снижает вероятность образования пор, вызванных водородом. Однако при сварке в указанных смесях газов увеличивается угар легирующих элементов, а при добавке углекислого газа возможно науглероживание металла шва. Добавкой к аргону 5—10% N может быть повышено его содержание в металле шва. Азот является сильным аустенизатором, и таким образом можно изменить структуру металла шва. Для сварки аустенитных сталей находит применение импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в аргоне и смесях аргона с кислородом и с углекислым газом, обеспечивающая соединение малых толщин и струйный перенос металла при прохождении импульса тока. Одновременно импульсно-дуговая сварка вызывает измельчение структуры шва и снижение перегрева около шовной зоны, что повышает стойкость сварного соединения против образования трещин.

При сварке в углекислом газе низкоуглеродистых высоколегированных сталей с использованием низкоуглеродистых сварочных проволок, при исхо-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

дной концентрации углерода в проволоке менее 0,07%, содержание углерода в металле шва повышается до 0,08—0,12%. Этого достаточно для резкого снижения стойкости металла шва к межкристаллитной коррозии. Однако науглероживание металла шва в некоторых случаях при энергичных карбидообразователях (титане, ниобии) может оказать благоприятное действие при сварке жаропрочных сталей за счет увеличения в структуре количества карбидной фазы.

Окислительная атмосфера, создаваемая в дуге за счет диссоциации углекислого газа, вызывает повышенное (до 50%) выгорание титана и алюминия. Несколько меньше выгорают марганец, кремний и другие легирующие элементы, а хром не окисляется. Поэтому при сварке коррозионностойких сталей в углекислом газе применяют сварочные проволоки, содержащие раскисляющие и карбидообразующие элементы (алюминий, титан и ниобий). Другим недостатком сварки в углекислом газе является большое разбрызгивание металла (потери достигают 10—12%) и образование на поверхности шва плотных пленок окислов, прочно сцепленных с металлом. Это может резко снизить коррозионную стойкость и жаростойкость сварного соединения. Для уменьшения возможности налипания брызг на основной металл следует применять специальные эмульсии, наносимые на кромки перед сваркой, а для борьбы с окисной пленкой эффективна подача в дугу небольшого количества фторидного флюса типа АНФ-5. Применение импульсной сварки также позволяет несколько снизить разбрызгивание. Сварка плавящимся электродом в углекислом газе производится на полуавтоматах и автоматах.

Сварочные проволоки, созданные для сварки в углекислом газе высоколегированных аустенитных сталей, обеспечивают требуемую коррозионную стойкость и механические свойства за счет повышенного содержания титана, ниобия и элементов ферритизаторов — кремния, алюминия, хрома. Для сварки сталей типа 08X18H10T используют проволоки Св-07X18H9ТЮ, Св-08X25H13БТЮ.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

Недостатками данного способа сварки являются:

- дефицитность и высокая стоимость инертных защитных газов;
- необходимость защиты сварщика от светового и теплового излучения.
- Основные преимущества сварки в среде защитных газов (по сравнению со сваркой под флюсом и сваркой электродами):
- повышенная степень защиты металлов от окисления на открытом воздухе;
- удобство в использовании данного типа сварочного аппарата при работе в различных пространственных положениях;
- при использовании в качестве защитного газа аргона, на поверхности сварочного шва не возникает шлаковых включений и оксидов;
- при использовании сварки в среде защитных газов возможно наблюдение за процессом формирования сварочного шва и его регулирование;
- большая производительность и эффективность, чем при использовании дуговой сварки;
- невысокая себестоимость при использовании углекислого газа, в качестве защитного.

Область применения сварки в среде защитных газов чрезвычайно широка. Её используют для соединения узлов летательных аппаратов, трубопроводов, для сварки тугоплавких (титана, ниобия и т.п.) и цветных металлов (алюминий, медь).

1.6.5 Смеси защитных газов

Иногда является целесообразным употребление газовых смесей. За счет добавок активных газов к инертным удается повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления, улучшить формирование шва, уменьшить разбрызгивание, повысить плотность металла шва, улучшить перенос метал-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

ла в дуге, повысить производительность сварки. Существенное значение при выборе состава защитного газа имеют экономические соображения.

Смесь аргона и гелия. Оптимальный состав: 50% + 50% или 40% аргона и 60% гелия. Пригоден для сварки алюминиевых и титановых сплавов.

Смесь аргона и кислорода при содержании кислорода 1-5% стабилизирует процесс сварки, увеличивает жидко текучесть сварочной ванны, перенос электродного металла становится мелкокапельным. Смесь рекомендуется для сварки углеродистых и нержавеющей сталей.

Смесь аргона и углекислого газа. Рациональное соотношение - 75-80% аргона и 20-25% углекислого газа. При этом обеспечиваются минимальное разбрызгивание, качественное формирование шва, увеличение производительности, хорошие свойства сварного соединения. Используется при сварке низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей.

Смесь углекислого газа и кислорода. Оптимальный состав: 60-80% углекислого газа и 20-40% кислорода. Повышает окислительные свойства защитной среды и температуру жидкого металла. При этой смеси используют электродные проволоки с повышенным содержанием раскислителей, например Св-08Г2СЦ. Шов формируется несколько лучше, чем при сварке в чистом углекислом газе. Смесь применяют для сварки углеродистых, легированных и некоторых высоколегированных конструкционных сталей.

Смесь аргона, углекислого газа и кислорода - трехкомпонентная смесь обеспечивает высокую стабильность процесса и позволяет избежать пористости швов. Оптимальный состав: 75% аргона, 20% углекислого газа и 5% кислорода. Применяется при сварке углеродистых, нержавеющей и высоколегированных конструкционных сталей.

1.6.6 Преимущества и недостатки автоматической сварки

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

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;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке, 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.

Исходя из этого выбираем автоматическую сварку в смесях газа CO² (20%) ГОСТ 8050-85 высший сорт, Ar(80%) ГОСТ 10157-79 высший сорт.

1.7 Изменение технологического процесса

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

В связи с увеличением годовой программы выпуска сварной конструкции коромысла целесообразно заменить механизированную сварку в среде защитных газов на автоматическую. Это поможет снизить время на процесс сварки и затраты на сварочные материалы, в остальном технологический процесс сборки и сварки сварной конструкции коромысла остается без изменений.

1.8 Выбор сварочного материала

Сварочная проволока для сварки стали 10ХСНД выбрана ОК AristoRod 12.50 Ø1.2 мм.

Химический состав сварочной проволоки ОК AristoRod 12.50 представлен в таблице 3.

Состав проволоки схож с составом основного металла по количеству легирующих элементов и углерода.

Таблица 3 – Химический состав сварочной проволоки ОК AristoRod 12.50

Элемент	C	Si	Mn	Cu	P	S
Содержание, массовые доли, %	0.06-0.14	0.8-1	1.4-1.6	До 0.15	До 0.025	До 0.025

Определение структуры стали и сварочной проволоки осуществляется по диаграмме Шеффлера (рисунок 6).

Для этого рассчитываются эквивалентные значения хрома и никеля стали и сварочной проволоки.

Эквивалентные значения хрома и никеля стали:

$$\text{ЭквCr} = \%Cr + \%Mo + 2 \cdot \%Ti + 2 \cdot \%Al + \%Nb + 1,5 \cdot \%Si + \%V \quad (4)$$

$$\text{ЭквCr} = 0,8 + 1,5 \cdot 1 = 2,2\%$$

$$\text{ЭквNi} = \%Ni + 30 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn \quad (5)$$

$$\text{ЭквNi} = 0,7 + 30 \cdot 0,008 + 0,5 \cdot 0,7 = 1,29\%$$

Эквивалентные значения хрома и никеля сварочной проволоки:

$$\text{ЭквCr} = \%Cr + \%Mo + 2 \cdot \%Ti + 2 \cdot \%Al + \%Nb + 1,5 \cdot \%Si + \%V \quad (4)$$

$$\text{ЭквCr} = 1,6\%$$

$$\text{ЭквNi} = \%Ni + 30 \cdot \%N + 0,5 \cdot \%Mn \quad (5)$$

$$\text{ЭквNi} = 0,85\%$$

По значениям ЭквCr и ЭквNi на диаграмме Шеффлера наносится точки, соответствующая структуре стали и проволоки (рисунок 6).

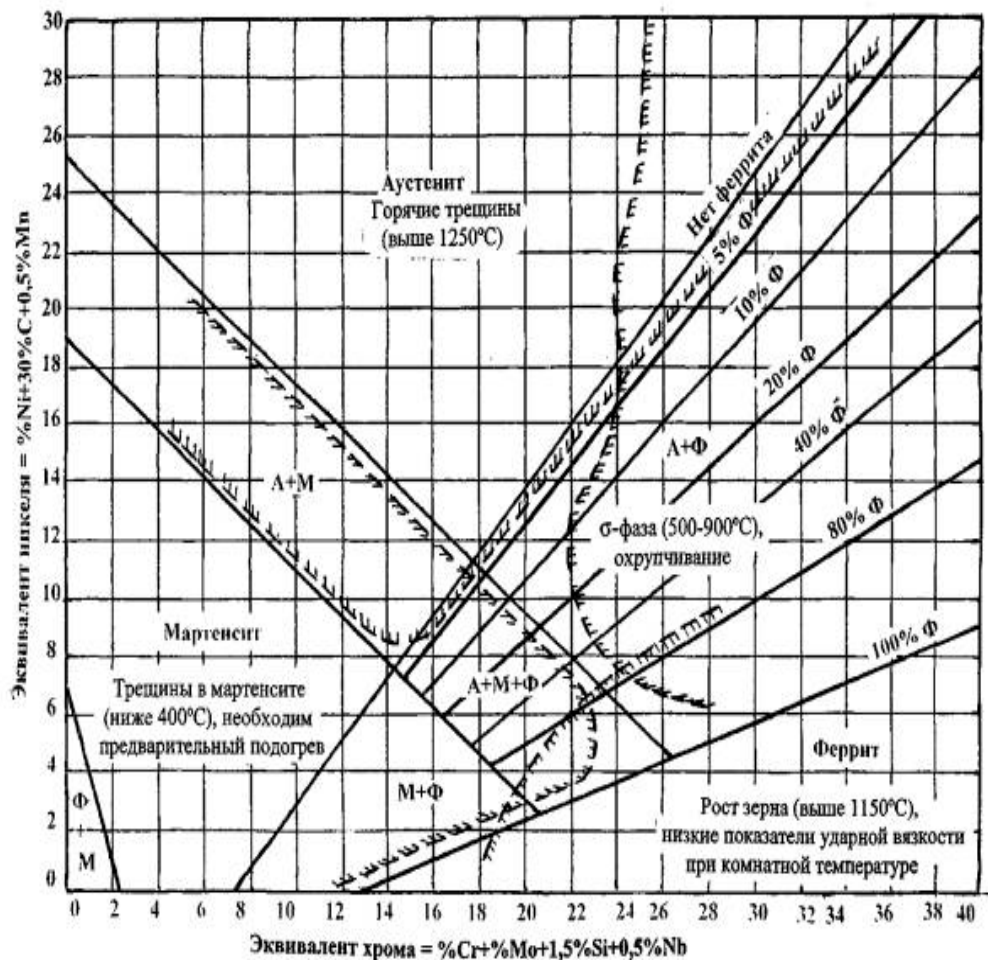


Рисунок 6 - Диаграмма Шеффлера

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

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

29

Содержание кремния увеличивает прочность феррита, почти не снижая его пластичности. При содержании кремния выше 0,40 % в углеродистой стали общего назначения происходит существенное снижение пластичности.

Марганец благоприятно влияет на качество поверхности во всем диапазоне содержания углерода, за исключением сталей с очень низким содержанием углерода, а также снижает риск красноломкости. Марганец благоприятно влияет на ковкость и свариваемость сталей. Большое содержание марганца более 2 % приводит к возрастанию тенденции к растрескиванию и короблению при закалке.

OK AristoRod 12.50—универсальная неомедненная сварочная проволока с уникальной обработкой поверхности ASC (Advanced Surface Characteristics – поверхность с улучшенными характеристиками), предназначенная для сварки изделий из конструкционных нелегированных и низколегированных сталей с пределом текучести до 420 МПа, эксплуатирующихся при знакопеременных нагрузках и низких температурах. Высокая чистота поверхности, качественная намотка на катушки, стабильный диаметр по всей длине в сочетании с низким содержанием вредных примесей, таких как S и P, обеспечивают стабильное горение проволоки с минимальным разбрызгиванием и высокое качество наплавленного металла. Отсутствие омеднения позволяет избежать засорения проволока провода и пригорания чешуек меди к рабочей поверхности контактного наконечника, значительно увеличивает срок службы расходных деталей горелки. Проволока особенно рекомендуется для автоматической и роботизированной сварки. Она нашла широкое применение в судостроении, сварке металлоконструкций, машиностроении, изготовлении мостовых конструкций и многих других отраслях промышленности. Проволока имеет разрешение НИЦ «Мосты» на применение для всех видов мостовых конструкций (включая ж/д) всех климатических исполнений (включая Северное Б). Высокие пластические свойства наплавленного металла позволяют

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

рекомендовать данную проволоку для сварки сталей типа HARDOX. Выпускаемые диаметры: от 0,8 до 1,6 мм.

1.9 Расчет режимов и геометрических параметров сварных соединений

1.9.1 Выбор типа соединений

Шов №1

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение У6 по ГОСТ 14771-76, где $S=40$ мм $S_1=110$ мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 7.

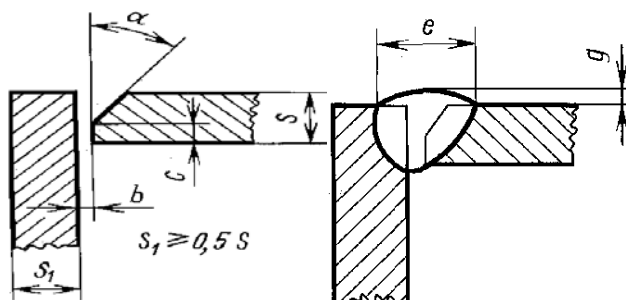


Рисунок 7- Эскиз сварного соединения У6

Параметры сварного шва:

- ширина шва e , мм 42^{+5}_{-5}
- высота усиления g , мм 2^{+1}_{-2}
- зазор b , мм 2^{+1}_{-2}
- высота притупления c , мм 2^{+1}_{-2}
- угол раскрытия кромок $\alpha, ^\circ$ 40^{+2}_{-2}
- толщина металла S , мм 40

Определяем площадь наплавки:

$$F_H = 0,5(S - c)^2 \times \operatorname{tg} \alpha + b \times S + \mu_n \times e \times g; \quad (6)$$

μ_n – коэффициент полноты валика;

$$\mu_n = 0,75;$$

$$F_H = 0,5(40 - 2)^2 \times 0,84 + 2 \times 40 + 0,75 \times 42 \times 2 = 651 \text{ мм}^2.$$

Сварку выполним в несколько проходов.

Выбираем диаметр электродной проволоки в зависимости от оборудования и способа сварки

$$d_3 = 1,2$$

Посчитаем режим сварки для первого прохода.

В зависимости от выбранного диаметра электродной проволоки назначают силу сварочного тока.

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi d_3^2}{4} \times j, \text{ А} \quad (7)$$

j -плотность тока выбираем по таблице 4.

Таблица 4 - Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке в углекислом газе

Диаметр электрода, мм	I,2	I,6
Плотность тока, А / мм ²	88...195 310...440	90...160 200...350
Сварочный ток, А	100...220 350...500	180...320 400...700

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \times 1,2^2}{4} \times 195 = 220 \text{ А}$$

Напряжение на дуге:

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \times I_{св}}{\sqrt{d_э}}, \text{ В} \quad (8)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \times 220}{\sqrt{1,2}} = 31 \text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = A / I_{св}, \text{ м/ч} \quad (9)$$

где коэффициент А (А·м/ч) выбирают в зависимости от диаметра электродной проволоки из таблицы 5.

Таблица 5- Коэффициент А в зависимости от диаметра электродной проволоки

d _э , мм	A, А·м/ч	d _э , мм	A, А·м/ч
1,2	(2...5)10 ³	4,0	(16...20)10 ³
1,6	(5...8)10 ³	5,0	(20...25)10 ³
2,0	(8...12)10 ³	6,0	(25...30)10 ³
3,0	(12...16)10 ³		

$$V_{св} = (5)10^3 / 220 = 22,72 \text{ м/ч}$$

Вылет электрода при сварке в CO₂:

d_э меньше 2 мм l_э = 15...20 мм.

Величина погонной энергии:

η_э — эффективный КПД нагрева изделия дугой для сварки в CO₂ — (0,7 — 0,75).

$$q_{п} = 36 \cdot I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_э / V_{св}, \text{ Дж/см}, \quad (10)$$

$$q_{п} = 36 \cdot 220 \cdot 30 \cdot 0,75 / 22,72$$

$$q_{п} = 9207 \text{ Дж/см}$$

Коэффициент формы проплавления:

$$\varphi_{\text{пр}} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}} \quad (11)$$

При плотностях тока, равных или больше 120 А/мм^2 , и сварке на постоянном токе обратной полярности $k = 0,92$;

$$\varphi_{\text{пр}} = 2,8$$

Глубина проплавления при сварке в CO_2 :

$$h_{\text{р}} = 0,081 \sqrt{q_{\text{н}} / \varphi_{\text{пр}}}, \text{ мм} \quad (12)$$

$$h_{\text{р}} = 4,7 \text{ мм}$$

Ширина шва:

$$e = h_{\text{р}} \cdot \varphi_{\text{пр}}, \text{ мм} \quad (13)$$

$$e = 13,6 \text{ мм}$$

Коэффициент расплавления, $\text{г/А} \cdot \text{ч}$, выбирают по экспериментальным зависимостям (рисунок 8) или по формуле (14):

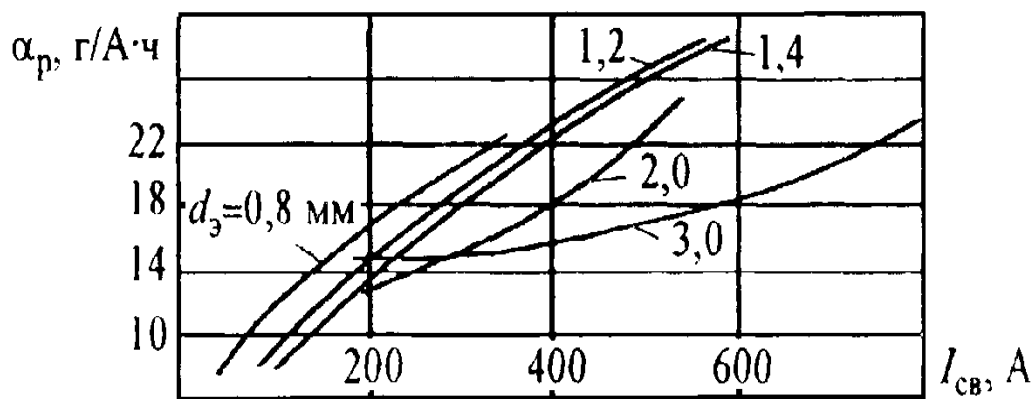


Рисунок 8-Коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 3 + 0,08 \cdot I_{CB} / d_3, \text{ г/А} \cdot \text{ч.} \quad (14)$$

Принимаем:

$$\alpha_p = 15 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_H = \alpha_p (1 - \psi \cdot 0,01), \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (15)$$

где ψ — коэффициент потерь на угар и разбрызгивание 10-15 %.

$$\alpha_H = 13$$

Площадь сечения наплавленного металла:

$$F_H = \frac{\alpha_H I_{CB}}{\gamma \cdot V_{CB}}, \text{ мм}^2 \quad (16)$$

где γ — плотность электродной проволоки, г/см³

$$F_H = 16,1 \text{ мм}^2$$

Высота валика:

$$g = 1,375 \cdot F_H / e \quad (17)$$

$$g = 1,7 \text{ мм}$$

Определяем общую высоту шва:

$$H = h_p + g, \text{ мм.} \quad (18)$$

$$H = 6,4 \text{ мм.}$$

Определяем высоту заполнения разделки:

$$C = \sqrt{\frac{F_H - Hb}{\text{tga}/2}} \text{ мм} \quad (19)$$

$$C = 4,1 \text{ мм}$$

где F_{H1} – площадь сечения наплавленного металла первого шва, мм^2 ; b – величина зазора, мм.

Рассчитываем глубину проплавления притупления:

$$h_o = H - C, \text{ мм.} \quad (20)$$

$$h_o = 2,4 \text{ мм}$$

Рассчитываем скорость подачи проволоки, расход защитного газа или толщину слоя флюса.

$$V_{\text{шт}} = \frac{V_{\text{св}} F_H (1 + 0,01 \psi)^4}{\pi d_s^2}, \text{ м/ч} \quad (21)$$

$$V_{\text{шт}} = 321 \text{ м/ч}$$

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

F_H – площадь сечения металла, наплавленного на выбранном режиме, мм²,

ψ – коэффициент потерь металла, %,

$V_{св}$ – скорость сварки, м/ч,

d_3 – диаметр электродной проволоки, мм.

Ориентировочно определяем расход углекислого газа при сварке:

$$Q = 10 + \frac{I_{св} - 30}{51,3} \text{ л/мин} \quad (22)$$

$$Q = 13 \text{ л/мин}$$

Посчитаем режим сварки для последующих проходов.

Число проходов:

$$n = F_H - F_{H1} / F_{Hп} \quad (23)$$

Примем $F_{Hп} = 16,1 \text{ мм}^2$

$$n = 20$$

Расчет производим по тем-же формулам, что и для первого шва.

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 6.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 7.

Таблица 6 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j, А/мм ²	V _{под} , м/ч	α_n	q _п , Дж/см	$\Phi_{пр}$	h _р , мм	e _р , мм
1	220	31	194	321	13	9207	2,8	4,7	13,6
	340	36	300	521	13	16524	2,1	7,2	15,8
	380	38	336	605	13	19494	2	8	16,5

Таблица 7 – Параметры сварного шва

Номер шва	$F_{н},$ мм ²	$g,$ мм	$H,$ мм	$h_o,$ мм	$S_b,$ мм	$S_{разд.}$ мм ²	$S_{напл.}$ мм ²	Кол-во проходов	Тип шва
1	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	608	651	1	У6
	27,3	2,4	9,6	4,4	4			4	
	32,9	2,8	10,8	5,1	4,6			16	

Шов №2

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение С17 по ГОСТ 14771-76, где $S=40$ мм $S1=40$ мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 9.

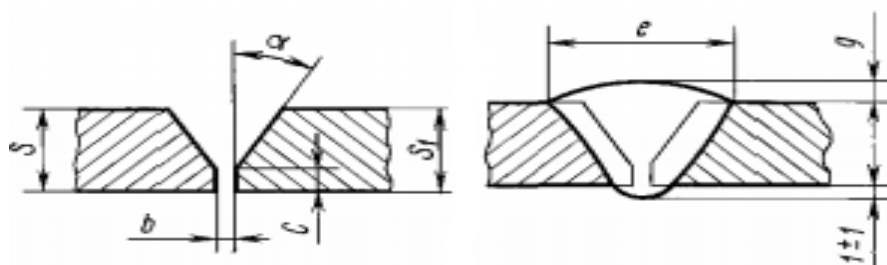


Рисунок 9- Эскиз сварного соединения С17

Параметры сварного шва:

- ширина шва e , мм _____ 36^{+4}_{-4}
- высота усиления g , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- зазор b , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- высота притупления c , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- угол раскрытия кромок $\alpha, ^\circ$ _____ 20^{+2}_{-2}
- толщина металла S , мм _____ 40

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 8.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 9.

Таблица 8 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j, А/м ²	V _{под} , м/ч	α _н	q _п , Дж/см	φ _{пр}	h _р , мм	ε _р , мм
2	220	31	194	321	13	9207	2,8	4,7	13,6
	340	36	300	521	13	16524	2,1	7,2	15,8
	380	38	336	605	13	19494	2	8	16,5

Таблица 9 – Параметры сварного шва

Номер шва	F _н , мм ²	g, мм	H, мм	h _о , мм	S _b , мм	S _{раздеки} , мм ²	S _{наплавки} , мм ²	Кол-во проходов	Тип шва
2	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	526	553	1	С17
	27,3	2,4	9,6	4,4	4			4	
	32,9	2,8	10,8	5,1	4,6			13	

Шов №3

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение С8 по ГОСТ 14771-76, где S=24 мм S1=24 мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 10.

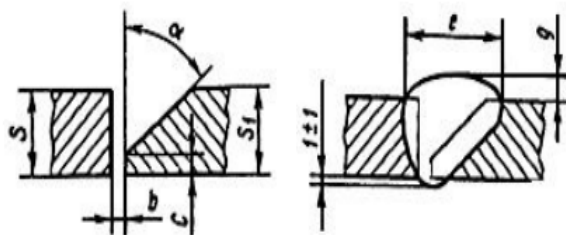


Рисунок 10- Эскиз сварного соединения С8

Параметры сварного шва:

- ширина шва e, мм _____ 30^{+4}_{-4}
- высота усиления g, мм _____ 2^{+1}_{-2}
- зазор b, мм _____ 2^{+1}_{-2}
- высота притупления c, мм _____ 2^{+1}_{-2}
- угол раскрытия кромок α, ° _____ 40^{+1}_{-2}
- толщина металла S, мм _____ 24

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 10.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 11.

Таблица 10 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j, А/м ²	V _{под} , м/ч	α _н	q _п , Дж/см	φ _{пр}	h _р , мм	e _р , мм
3	220	31	194	321	13	9207	2,8	4,7	13,6
	340	36	300	521	13	16524	2,1	7,2	15,8
	380	38	336	605	13	19494	2	8	16,5

Таблица 11 – Параметры сварного шва

Номер шва	F _н , мм ²	g, мм	H, мм	h _о , мм	S _б , мм	S _{разделки} , мм ²	S _{наплавки} , мм ²	Кол-во проходов	Тип шва
3	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	203	230	1	С8
	27,3	2,4	9,6	4,4	4			3	
	32,9	2,8	10,8	5,1	4,6			4	

Шов №4

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение У6 по ГОСТ 14771-76, где S=40 мм S₁=24 мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 11.

Параметры по шву №1.

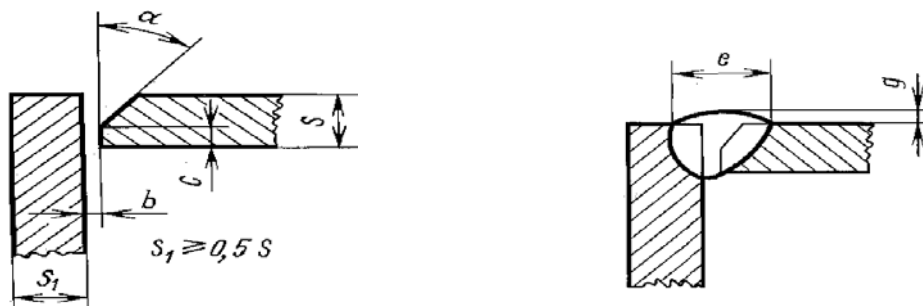


Рисунок 11- Эскиз сварного соединения У6

Параметры сварного шва:

- ширина шва e, мм _____ 42^{+5}_{-5}
- высота усиления g, мм _____ 2^{+1}_{-2}

- зазор b , мм _____ 2_{-2}^{+1}
- высота притупления c , мм _____ 2_{-2}^{+1}
- угол раскрытия кромок α , ° _____ 40_{-2}^{+2}

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 12.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 13.

Таблица 12 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j, А/м ²	V _{под} , м/ч	α_n	q _п , Дж/см	$\varphi_{пр}$	h _р , мм	e _р , мм
4	220	31	194	321	13	9207	2,8	4,7	13,6
	340	36	300	521	13	16524	2,1	7,2	15,8
	380	38	336	605	13	19494	2	8	16,5

Таблица 13 – Параметры сварного шва

Но-мер шва	F _н , мм ²	g, м	H, мм	h _о , м	S _б , м	S _{разделки} , мм ²	S _{наплавки} , мм ²	Кол-во проходов	Ти п шва
4	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	608	651	1	У6
	27,3	2,4	9,6	4,4	4			4	
	32,9	2,8	10,8	5,1	4,6			16	

Шов №5

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение У4 по ГОСТ 14771-76, где S=24 мм S1=24 мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 12.

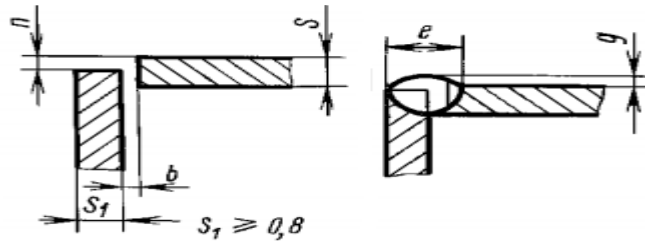


Рисунок -12 Эскиз сварного соединения У4

Параметры сварного шва:

- катет шва k , мм _____ 15
- зазор b , мм _____ 0^{+2}
- толщина металла S , мм _____ 24

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 14.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 15.

Таблица 14 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j , А/м ²	$V_{\text{под}}$, м/ч	α_n	$q_{\text{ц}}$, Дж/см	$\varphi_{\text{пр}}$	h_p , мм	e_p , мм
5	220	31	194	321	13	9207	2,8	4,7	13,6
	340	36	230	395	13	11232	2,5	5,5	14
	380	38	283	475	13	13770	2,3	6,3	14,8

Таблица 15 – Параметры сварного шва

Номер шва	F_n , мм ²	g , мм	H , мм	h_o , мм	S_b , мм	$S_{\text{разделки}}$, мм ²	$S_{\text{наплавки}}$, мм ²	Кол-во проходов	Тип шва
5	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	218	221	1	У4
	19,9	2	7,5	3,1	2,8			3	
	24,3	2,3	8,6	3,7	3,3			6	

Шов №6

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение по типу Т1 по ГОСТ 14771-76, где $S=24$ мм $S_1=24$ мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 13.

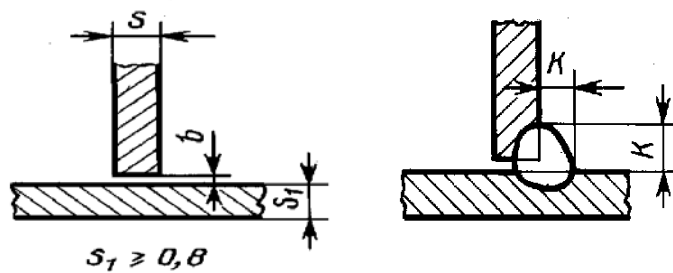


Рисунок 13 - Эскиз сварного соединения Т1

Параметры сварного шва:

- зазор b , мм _____ 0^{+2}
- толщина металла S , мм _____ 24
- катет шва k , мм _____ 15

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 16.

Параметры сварного шва сведем в таблицу 17.

Таблица 16 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j , А/мм ²	$V_{\text{под}}$, м/ч	α_n	$q_{\text{п}}$, Дж/см	$\Phi_{\text{пр}}$	h_p , мм	e_p , мм
6	220	32	194	321	13	9207	2,9	4,7	13,6
	260	32	230	395	13	11232	2,5	5,5	14
	320	35	283	509	13	15120	2,2	6,8	15,4

Таблица 17 – Параметры сварного шва

Номер шва	F_n , мм ²	g , мм	H , мм	h_o , мм	S_b , мм	$S_{\text{разде}}$ лки, мм ²	$S_{\text{нап}}$ лавки, мм ²	Кол-во про-ходов	Тип шва
6	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1	143	161	1	Т1
	19,9	2	7,5	3,1	2,8			2	
	26,3	2,4	9,2	4,1	3,7			4	

Шов №7

Исходя из толщины свариваемого металла и обеспечения хорошего формирования шва, выбираем сварное соединение С8 по ГОСТ 14771-76, где $S=40$ мм $S1=40$ мм. Эскиз данного соединения представлен на рисунке 14.

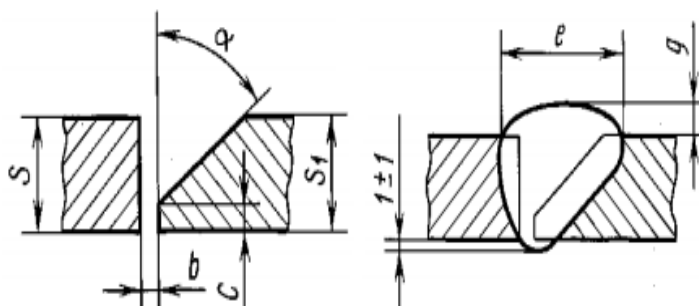


Рисунок 14- Эскиз сварного соединения С8

Параметры сварного шва:

- ширина шва e , мм _____ 42^{+4}_{-4}
- высота усиления g , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- зазор b , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- высота притупления c , мм _____ 2^{+1}_{-2}
- угол раскрытия кромок α , ° _____ 40^{+1}_{-2}
- толщина металла S , мм _____ 40

Параметры режимов сварки сведем в таблицу 18.

Параметры сварного шва в таблицу 19.

Таблица 18 – Параметры режимов сварки

Номер шва	I, А	U, В	j, А/м ²	V _{под} , м/ч	α_n	q _п , Дж/см	$\Phi_{пр}$	h _р , мм	e _р , мм
7	220	31	194	321	13	9207	2,9	4,7	13,6
	340	36	300	551	13	16524	2,1	7,2	15,8
	380	38	336	605	13	19494	2	8	16,5

Таблица 19 – Параметры сварного шва

Номер шва	F _н , мм ²	g, мм	H, мм	h _о , мм	S _б , мм	S _{разделк} _и , мм ²	S _{нап} _{лавки} , мм ²	Кол-во проходов	Тип шва
	16,1	1,7	6,4	2,4	2,1			1	

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

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

44

7	27,3	2,4	9,6	4,4	4	601	640	6	С8
	23,9	2,8	10,8	5,1	4,6			14	

1.10 Выбор основного сварочного оборудования

1.10.1 Сварочный робот QRC-320

Для автоматической сварки применим сварочный робот QRC-320 (рисунок 15) выпускаемый фирмой CLOOS.



Рисунок 15 - Сварочный робот QRC-320

Краткое описание сварочного робота QRC-320.

- Специализация: Универсальный, Сварочный для дуговой сварки
- Тип запястья: Классическое запястье
- Количество осей робота: 6
- Дотягаемость: 2500 мм
- Грузоподъемность: 15 кг
- Точность \ повторяемость : 0.1 мм
- Вес манипулятора: 172 кг
- Страна-производитель: Германия

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Рекомендуемые области применения: автомобильная промышленность и производство комплектующих. Автомобили специального назначения/строительные машины. Изготовление оборудования, резервуаров и стальных конструкций, машиностроение. Роботизированная сварка. Вагоностроение. Судостроение.

Радиус действия робота QRC -320 в подвесном положении представлен на рисунке 16.

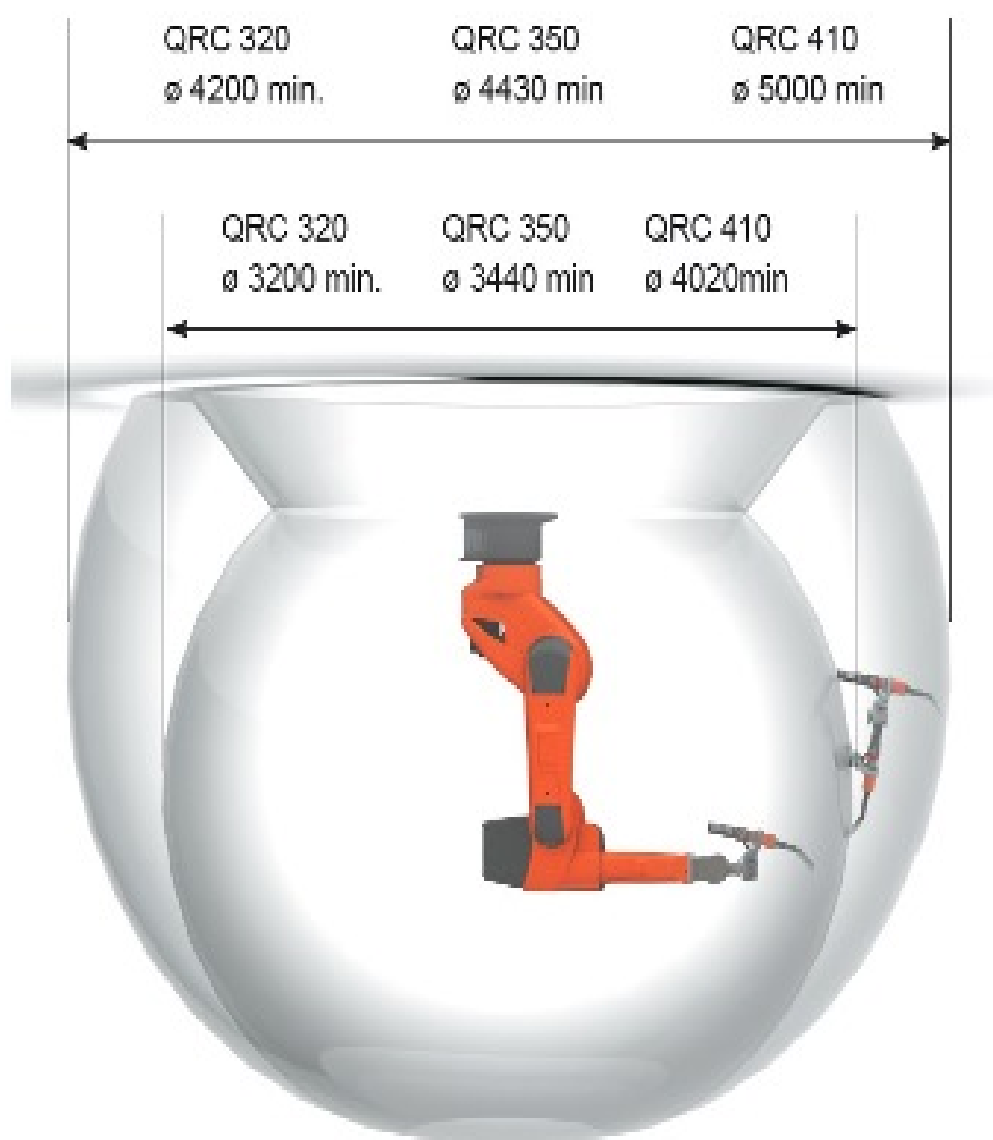


Рисунок 16- Радиус действия QRC-320 в подвесном положении

1.10.2 Источник питания QINEO® STEP 600

Источник питания для робота QRC -320 выбираем QINEO® STEP 600 производства фирмы CLOOS (рисунок 17), технические характеристики представлены в таблице 20.



Рисунок 17- Источник питания QINEO® STEP 600

Таблица 20 - Характеристика аппарата QINEO® STEP 600

Модель	STEP 600
Сварочный ток, А	40 - 600
Сварочный ток при ПВ 60 %, А	600
Сварочный ток при ПВ 100 %, А	465
Напряжение холостого хода, В	17 - 54
Напряжение сети, В	400 / 50 Гц / 3-фазный
Ступени переключения	4x10
Кабель подключения, мм ²	4 x 10
Защита сети от перегрузок, А	50
Вид защиты	IP23
Класс изоляции	F
Вид охлаждения	F
Размеры Д/Ш/В (без механизма подачи проволоки), мм	1226 / 630 / 741
Вес (без механизма подачи проволоки), кг	280
Компактное исполнение, мм	1226 x 630 x 942
Вес компактное исполнение, кг	292
Максимальная колея колёс, мм	около 552

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

47

1.10.3 Выбор заготовительного и сборочного оборудования

Выбор сборочно-сварочных оборудования и приспособлений (оснастки) производится в соответствии с предварительно избранными способами сборки- сварки узлов. При разработке данного вопроса необходимо учитывать то, что выбор сборочно-сварочного оборудования и приспособлений должен обеспечить следующее:

- уменьшение трудоёмкости работ, повышение производительности труда, хранение длительности производственного цикла;
- облегчение условий труда;
- повышение точности работ, улучшение качества продукции, сохранение заданной формы свариваемых изделий путём соответствующего закрепления их для уменьшения деформаций при сварке.

Приспособления должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать доступность к местам установки деталей к рукояткам зажимных и фиксирующих устройств, к местам прихватов и сварки;
- обеспечивать наивыгоднейший порядок сборки;
- должны быть достаточно прочными и жёсткими, чтобы обеспечить точное закрепление деталей в требуемом положении и препятствовать их деформации при сварке;
- обеспечивать такие положения изделий, при которых было бы наименьшее число поворотов, как при наложении прихваток, так и при сварке;
- обеспечивать свободный доступ при проверке изделия;
- обеспечивать безопасное выполнение сборочно-сварочных работ.

1.10.4 Двухосевой позиционер с наклоняемым двухстоечным вращателем

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Двухосевой позиционер -WPEK-G с наклоняемым двухстоечным вращателем (рисунок 18).

Максимальная нагрузка 5-50 кН.

Максимальный радиус свободного вращения 750-1022 мм.

Расстояние между планшайбами вращателя 1500-6500 мм.

Диапазон вращения планшайб 720°.

Макс. скорость вращения 22,5-165°/сек.

Диапазон наклона оси вращателя 370° или $\pm 10^\circ$.

Макс. скорость наклона оси вращателя 3-75°/сек.

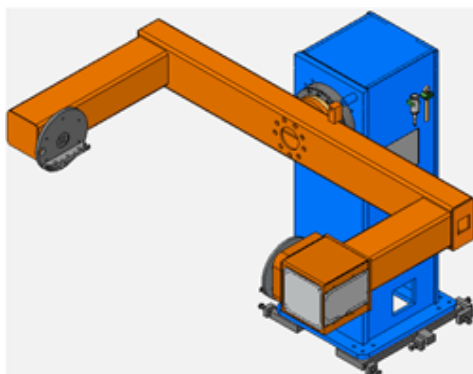


Рисунок 18 - WPEK-G двухосевой позиционер

1.10.5 Сварочная колонна для сварочного робота

Сварочная колонна CSTD-V - Колонна с поворотной стрелой и устройством вертикального хода робота(рисунок 19)

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

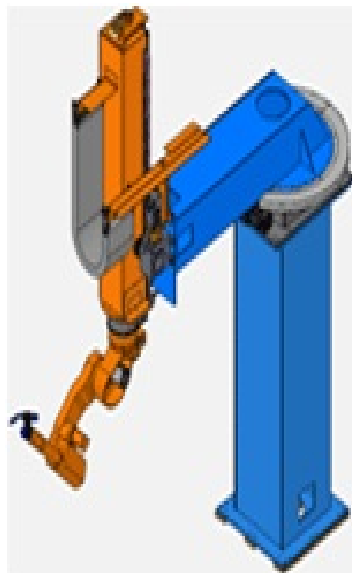


Рисунок 19 - Сварочная колонна CSTD-V

Характеристика сварочной колонны для сварочного робота:

- высота колонны – 4,605 м
- максимальная высота хода 2,600 м
- диапазон поворота 320⁰
- точность позиционирования 0,1 мм

1.10.6 Оснастка

Для сборки-сварки коромысла была разработана оснастка, позволяющая более быстро и точно производить сборку и сварку данной сварной конструкции. Оснастка представляет собой качающийся стол (рисунок 20) на котором располагается комплекс прижимов (рисунок 21).

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

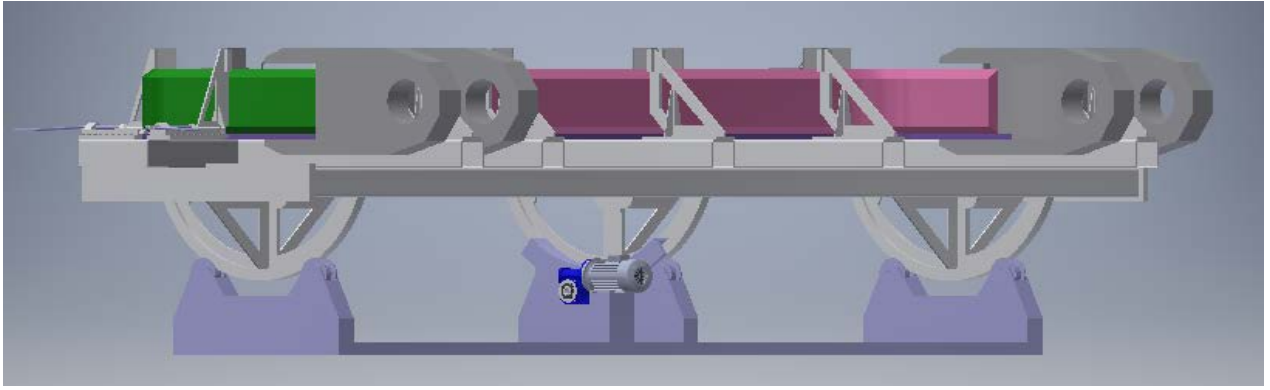


Рисунок 20 – Качающийся стол

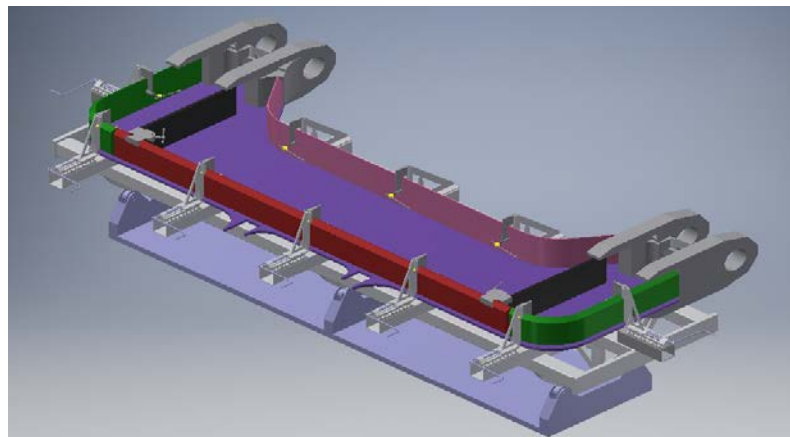


Рисунок 21 – Комплекс прижимов

Стол представляет собой металлоконструкцию из квадратных труб 120x120мм, на которой расположен комплекс прижимов. Стол прикреплен на три полукруглые рельсы установленные на роликоопоры. Стол приводится в движение электродвигателем через червячный редуктор. Максимальный угол наклона стола 30° . Наклон осуществляется для удобства процесса сварки.

Прижимы (рисунок 22) удерживают изделие на столе во время наклона, обеспечивают точность и перпендикулярность установки деталей сварной конструкции. Прижимы представляют собой конструкцию домкратного типа. На противоположной стороне от изделия установлены неподвижные упоры.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

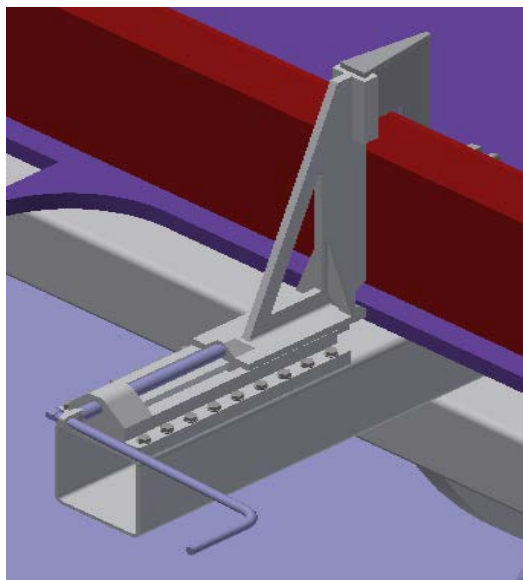


Рисунок 22 – Прижимы

На стойке прижима и неподвижных упорах выполнен Т-образный вырез для быстрой установки и снятия зажимов (рисунок 23). Зажимы представляют собой струбцины, выполняющую функцию прижатия стенок сварной конструкции к стойкам прижимов, предотвращают от падения стенок, и уменьшают деформации при сварке.



Рисунок 23 – Зажим

Для крепления ребер жесткости коромысла используем угловые зажимы (рисунок 24). Угловые зажимы обеспечивают перпендикулярность ребер и придерживают ребра в нужном положении на время сборки-сварки. Угловой зажим представляет собой две планки распложенных перпендикулярно

между собой устанавливаемые на детали, поджимной винт с рукоятью прижимающий две прижимных планки.

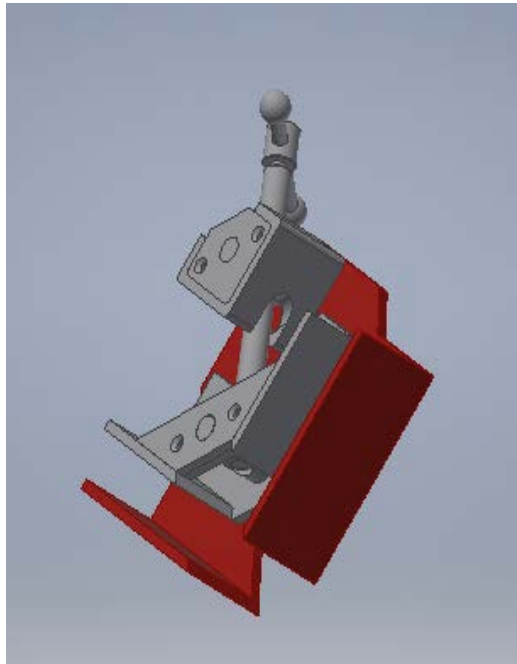


Рисунок 24 – Угловой зажим

1.10.7 Станок термической резки металла с ЧПУ

Станок термической резки металла с ЧПУ (рисунок 25), с рабочей зоной от 2500х6000мм, предназначен для термической резки листового металла. Числовое программное управление позволяет вырезать детали любой конфигурации.

Комбинированный станок термической резки с плазменным и газовым резаком может резать металл от 1 до 100 мм. Плазма режет металлы до 20мм, газ от 10 до 100мм.



Рисунок 25 - Станок термической резки металла с ЧПУ

Смена режима плазменной резки на газовую и наоборот происходит просто и быстро благодаря специальной подвеске резаков.

Поджиг газового резака происходит дистанционно с пульта оператора.

Для безопасной газовой резки установлены обратные огнепреградительные клапаны.

Основные технические характеристики:

Ширина обрабатываемого листа до 2500 мм.

Длина обрабатываемого листа – 6000 мм.

Габаритные размеры консоли управления: 600*600*1450 мм.

Вертикальный ход перемещения резака Z: до 200мм.

Количество плазменных резаков, установленных на машине – 1

Количество газовых резаков, установленных на машине – 1

Точность плазменной резки, мм $\pm 0,5$.

Точность плазменной резки, мм ± 1

Скорость перемещения портала до 10000 мм/мин;

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Напряжение питания – 220В, 50Гц

Потребляемая мощность, кВт

Мощность, потребляемая СК Старт-2М – 1кВт

Вес рабочего стола не более 2500 кг.

1.10.8 Технология сварочного процесса

1) Изготовление металлоконструкций производить в соответствии с ТТ чертежа с соблюдением ИОТ и ПБ. Требования безопасности труда должны выполняться на рабочих местах в строгом соответствии с изложенными в тексте инструкций по охране труда.

2) При наличии отверстий или захватов для чалки на деталях и узлах массой более 25 кг транспортировку, установку и кантовку производить с использованием последних, а при отсутствии таковых производить приварку скоб для транспортировки и кантовки. При необходимости применять магнитные плиты. Кантовку и установку под сварку крупногабаритных конструкций и изделий сложной конфигурации производить под руководством мастера с соблюдением ИОТ и ПБ.

3) При установке конструкции или детали в неустойчивое положение изделие закреплять распорками от падения. Все работы выше груди рабочего производить с устойчивых лесов, подставок, площадок и лестниц. Установка и снятие крепящих распорок должны производиться при условии надежно застропленной конструкции.

4) В замкнутых полостях узлов, идущих на термообработку, должны быть выполнены отверстия.

5) Все сборочно-сварочные работы производить только на исправном оборудовании.

6) За качество выполнения всех операций отвечает рабочий, производящий операцию.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

7) Выборочный контроль за правильностью проведения сборочно-сварочных операций и контроля параметров режима сварки производит мастер и контролер ТК не менее одного раза в смену у одного рабочего.

8) При изготовлении металлоконструкций, швы которых после заварки подлежат механической обработке, ТК назначает выборочный УЗК контроль.

005 Входной контроль

1) Перед изготовлением проверить с отметкой о предъявлении детали на пригодность к сборке:

- Соответствие деталей, подаваемые на сборку, требованиям чертежа (геометрию и фактические размеры деталей, угол и притупление фасок по ГОСТ 14771-76);
- Не допускается неплоскостность деталей (не более 1 мм на 1000 мм);
- Наличие сертификатов на основной металл и сварочные материалы. Сверить соответствие с ГОСТ;
- Проушины поз. 1 и поз. 2 должны иметь подтверждение механических свойств при температуре -40°C ;
- Не допускаются местные дефекты, если их глубина превышает 2 мм.

2) Перед изготовлением проверить отметку о предъявлении сварочных материалов на пригодность:

- Поверхность сварочной проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, раковин. Допускаются риски, царапины и отдельные вмятины.
- Не допускается на сварочной проволоке наличие следов ржавчины, следов технологических смазок, за исключением следов мыльной смазки.

010 Слесарная

- 1) Зачистить кромки и околошовную зону (20-30 мм от края кромки).
- 2) Не допускаются наличие заусенец, расслоений металла, ржавчины.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Оборудование: торцевая шлифовальная машинка ИП-2203А, щетка металлическая ГОСТ 28638-90.

015 Зачистка

- 1) Непосредственно перед сборкой обезжирить кромки деталей и околошовную зону (20-30 мм от края кромки) ветошью и уайт-спиритом от пыли и масляных загрязнений.
- 2) Не допускается наличие масляных загрязнений.

Оборудование: ветошь, ацетон ГОСТ 2768-84.

020 Контроль

Визуально контролировать отсутствие в местах сварки заусенцев, расслоений металла, ржавчины, масляных загрязнений.

Оборудование: лупа измерительная ЛИП-3-10^х ГОСТ 25706-83.

025 Сборка

- 1) Сборку узла производить пооперационно, согласно размерам чертежа с учетом на естественную усадку металла при сварке (1 мм на 1 м, в стыках 1,5 мм на 1 стык).
- 2) Выложить на сборочный стол лист поз. 4. Зажать лист подвижными прижимами на сборочном столе.
- 3) Установить листы поз. 5 и поз. 8 согласно чертежу, зажать зажимами.
- 4) Установить лист поз. 6 согласно чертежу, зажать зажимами.
- 5) Установить листы поз. 9, зажать угловыми прижимами.
- 6) Установить проушины поз. 1, 2 и листы поз.7, листы прижать зажимами.

Оборудование: кран мостовой электрический.

030 Контроль

- 1) Контролировать установку поз. 1, 2, 4, 5, 6, 7 согласно чертежу. Предельные отклонения от размеров чертежа ± 1 мм.
- 2) Контролировать соосность проушин поз.1. оптическим методом.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Оборудование: рулетка измерительная металлическая ГОСТ 7502-98, лазерный уровень УРАН ПР20.

035 Сборка

- 1) Выполнить прихватки сварщику автоматической сваркой в смеси газов проволокой OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм, на режиме: ток- 200 А, напряжение- 30В. Длина прихваток 30мм/200-300мм. Направление прихватки от середины к краям конструкции.
- 2) Лист поз. 5 не прихватывать.
- 3) Снять стенки поз. 5.

Оборудование: робот QRC-320 и позиционер, оснастка, кран мостовой электрический.

040 Сварка

- 1) Варить поз. 6, 7, 8 и проушины поз. 1, 2. Далее сварка листа поз. 9.
- 2) К сварке допускаются сварщики имеющие не менее 5 разряда, прошедшие ежегодную аттестацию работе на работе.

Выполнить автоматическую сварку в смеси газов листов поз. 9, 8, 6, к листу поз.4, листов поз. 7 к проушинам поз. 1, 2, проушин поз. 1, 2 к листу поз. 6. Общее направление сварки от середины к краям конструкции обратноступенчатым способом, с постепенным заполнением фаски на режимах указанных в таблице 21.

Таблица 21 – Режимы сварки деталей поз. 9,8,6,7,1,2.

Индекс шва	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Количество проходов
№3, С8	220	31	1
	340	36	3
	380	38	4
№4, У6	220	31	1
	340	36	4
	380	38	16
№6, Т1	220	32	1
	260	32	2
	320	35	4
№7, С8	220	31	1

	340	36	6
	380	38	14

Оборудование:

- смесь газов К20 Ar(80%), CO₂(20%) высший сорт;
- сварочная проволока OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;
- робот QRC-320 и позиционер.

045 Контроль

- 1) Контролировать геометрические параметры швов согласно ГОСТ 14771-76.
- 2) Произвести визуальный контроль на наличие недопустимых поверхностных дефектов: трещины, скопление пор, подрезы. Обнаруженные дефекты вырубить и заварить вновь.

Оборудование: УШС-3 ТУ 102.338-83, лупа измерительная ЛИП-3-10^X ГОСТ 25706-83.

050 Слесарная

Рубщику зачистить швы и околошовную зону (20-30 мм от оси шва) от брызг.

Оборудование: торцевая шлифовальная машинка ИП-2203А, щетка металлическая ГОСТ 28638-90.

055 Сборка

- 1) Установить стол в вертикальное положение.
- 2) Разжать зажимы, и снять с прижимов.
- 3) Разжать прижимы.
- 4) Установить верхний лист поз.4.
- 5) Закрепить сборку подвижными прижимами.

060 Контроль

Контролировать установку поз. 4, согласно чертежу.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

065 Сборка

- 1) Выполнить прихватки деталей поз. 4, к листам поз. 1, 2, 7, 6, 8, 9. Сварщику автоматической сваркой в смеси газов проволокой OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм, на режиме: ток- 200 А, напряжение- 30В; длина прихваток 30мм/200-300мм. Направление прихватки от середины к краям конструкции.

Оборудование:

- смесь газов K20 Ar(80%), CO₂(20%) высший сорт;
- сварочная проволока OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;
- робот QRC-320 и позиционер.

070 Слесарная

- 1) Кантовать заготовку на 180°. Запрещается кантовать за проушины поз. 1, 2.
- 2) Установить и закрепить заготовку на сварочном столе.

Оборудование: кран мостовой электрический.

075 Сварка

- 1) Выполнить сварку поз. 6, 7, 8 и проушин поз. 1, 2.
- 2) Выполнить сварку деталей поз. 1, 2, 7, 6, 8, 9, 10 к листу поз. 4.
- 3) Выполнить автоматическую сварку в смеси газов, на режимах указанных в таблице 22.

Таблица 22 – Режимы сварки деталей поз. 1, 2, 7, 6, 8, 10 к листу поз. 4

Индекс шва	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, А	Количество проходов
№4, У6	220	31	1
	340	36	4
	380	38	16
№5, У4	220	31	1
	260	32	3
	320	35	6

№6, T1	220	32	1
	260	32	2
	320	35	4
№7, C8	220	32	1
	260	32	6
	320	35	14

Оборудование:

- смесь газов K20 Ar(80%), CO₂(20%) высший сорт;
- сварочная проволока OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;
- робот QRC-320 и позиционер.

080 Контроль

- 1) Контролировать геометрические параметры швов согласно ГОСТ 14771-76.
- 2) Произвести визуальный контроль на наличие недопустимых поверхностных дефектов: трещины, скопление пор, подрезы. Обнаруженные дефекты вырубить и заварить вновь.

Оборудование: УШС-3 ТУ 102.338-83, лупа измерительная ЛИП-3-10^X ГОСТ 25706-83.

085 Слесарная

Рубщику зачистить швы и околошовную зону (20-30 мм от оси шва) от брызг.

Оборудование: торцевая шлифовальная машинка ИП-2203А, щетка металлическая ГОСТ 28638-90.

090 Сборка

- 1) Установить листы поз. 5, согласно чертежу, контролировать перпендикулярность по прижиму.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2) Установить проушины поз. 3, согласно чертежу.

Оборудование: кран мостовой электрический.

095 Контроль

1. Контролировать установку поз. 5, согласно чертежу.
2. Контролировать соосность проушин поз. 3, оптическим методом.

Оборудование: рулетка измерительная металлическая ГОСТ 7502-98, лазерный уровень УРАН ПР20.

100 Сборка

- 1) Выполнить прихватки деталей поз. 5, к листам поз. 4, 2, 8; выполнить прихватки проушин поз. 3 к листам поз. 4, 8, длина прихваток 30мм/200-300мм. Направление прихватки от середины к краям конструкции.

Оборудование:

- смесь газов K20 Ar(80%), CO₂(20%) высший сорт;
- сварочная проволока OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;
- робот QRC-320 и позиционер.

105 Сварка

- 1) Выполнить сварку деталей поз. 5 к листам поз. 4, 8, 2; проушин поз. 3 к листам поз. 4, 8..
- 2) Выполнить автоматическую сварку в смеси газов, на режимах указанных в таблице 23.

Таблица 23 – Режимы сварки деталей поз. 3, 5, 6, 1, 2, 7

Индекс шва	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, А	Количество проходов
№1, У6	220	31	1
	340	36	4
	380	38	16
№2, С17	220	31	1
	340	36	4
	380	38	13
№4, У6	220	31	1
	340	36	4

	380	38	16
№6, С8	220	32	1
	260	32	6
	320	35	14

- 3) Разжать прижимы.
- 4) Кантовать заготовку на 180^0 , прижать прижимы.
- 5) Произвести сварку проушин поз. 3 к поз. 4 (шов №6).
- 6) Произвести сварку поз. 1, 2, 7 к поз. 4 (шов №5).

Оборудование:

- смесь газов K20 Ar(80%), CO₂(20%) высший сорт;
- сварочная проволока OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;
- робот QRC-320 и позиционер.

110 Контроль

- 1) Контролировать геометрические параметры швов согласно ГОСТ 14771-76.
- 2) Произвести визуальный контроль на наличие недопустимых поверхностных дефектов: трещины, скопление пор, подрезы. Обнаруженные дефекты вырубить и заварить вновь.

Оборудование: УШС-3 ТУ 102.338-83, лупа измерительная ЛИП-3-10^X ГОСТ 25706-83.

115 Транспортная

Транспортировать изделие в цех механообработки.

Оборудование: кран мостовой электрический, технологическая тележка.

120 Слесарная

- 1) Рубщику зачистить швы и околошовную зону (20-30 мм от оси шва) от брызг.
- 2) На швах № 1, 2, 3, 4 снять выпуклости шва, согласно чертежу.
- 3) На швах № 5, 6, 7 обеспечить обработку сварного шва до плавного перехода к основному металлу, согласно чертежу.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

4) Швы № 1, 2, 3, 4, 7 зачистить под УЗК контроль.

Оборудование: торцевая шлифовальная машинка ИП-2203А, щетка металлическая ГОСТ 28638-90.

125 Контроль

Произвести визуальный контроль на наличие недопустимых поверхностных дефектов: трещины, скопление пор, подрезы. Обнаруженные дефекты вырубить и заварить вновь.

Оборудование: лупа измерительная ЛИП-3-10^Х ГОСТ 25706-83.

130 Неразрушающий контроль

Произвести УЗК контроль швов № 1, 2, 3, 4, 7 эхо-импульсным методом, на наличие недопустимых внутренних дефектов: трещины, скопление пор, непровары, несплавления. Обнаруженные дефекты вырубить и заварить вновь.

Оборудование: ультразвуковой дефектоскоп УД-12.

135 Транспортная

Транспортировать изделие в камеру термической обработки.

Оборудование: кран мостовой электрический, технологическая тележка.

140 Термообработка

Провести термообработку (высокий отпуск) изделия.

Оборудование: термическая печь №1.

145 Транспортная

Транспортировать изделие в дробеструйную камеру.

Оборудование: кран мостовой электрический, технологическая тележка.

150 Слесарная

Провести дробеструйную обработку до чистого металла стальной дробью с последующей обдувкой воздухом.

Оборудование: камера дробеструйная №1.

155 Транспортная

Транспортировать коромысло в окрасочную камеру.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Оборудование: кран мостовой электрический, технологическая тележка.

160 Покраска

- 1) Обезжирить коромысло ветошью смоченную ацетоном ГОСТ 2767-84.
Не допускаются масляные загрязнения.
- 2) Загрунтовать коромысло грунтовкой Прим Праймер БС, светло-серая, 1 слой.
- 3) Окрасить коромысло краской Прим Контракор БС RAL 7040, серая, 2 слоя.

Оборудование: установка безвоздушного распыления.

165 Маркировка

- 1) Заклеймить сварщику сварные швы.
- 2) Замаркировать изделие согласно ТТ чертежа.

2 Экономический раздел

В дипломном проекте рассматривается сборка и сварка корпуса сварного коромысла экскаватора - из стали марки 10ХСНД. В данном разделе рассчитывается себестоимость изготовления по внедрению автоматической сварки в среде защитного газа $-Ar/CO_2$, вместо механизированной сварки.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

По базовому варианту работа выполнялась механизированной сваркой в среде защитного газа -Ar/CO₂.

По проектируемой технологии механизированная сварка заменяется на автоматическую сварку в среде защитных газов (Ar/CO₂). Это приведёт к снижению затрат на сварочные материалы, повысится качество сварных соединений, и значительно увеличится производительность за счет внедрения новой технологии и нового оборудования.

Базовый вариант:

- сварочный полуавтомат с источником питания Fronius Trans Signegis 5000;
- сварочная проволока – OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;

Проектируемый вариант:

- сварочный робот QRC-320 с источником питания QINEO® STEP 600 производства фирмы CLOOS;
- сварочная проволока – OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм;

Стоимость основных и расходных материалов:

1. сварочная проволока для робота OKAristoRod 12.50 Ø1,2 мм – 385 руб./кг;
2. защитный газ (смесь 80% Ar+20%CO₂) – 33,75 руб./л.;
3. электроэнергия – 3,16 руб./кВт.ч.

Стоимость оборудования:

- сварочный робот QRC-320 с источником питания QINEO® STEP 600-3500000 руб. (проектируемый вариант);
- сварочный полуавтомат с источником питания Fronius Trans Signegis 5000- 700000 руб.(базовый);

Определение технических норм времени на сборку и сварку.

Общее время на выполнение сварочной операции T_{шт}, час, состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{п.з.}} + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}}, \quad (24)$$

где $T_{\text{св}}$ – общее время на выполнение сварочной операции, час;

$t_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время, час;

t_0 – основное время, час;

$t_{\text{в}}$ – вспомогательное время, час;

$t_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места, час;

$t_{\text{п}}$ – время перерывов на отдых и личные надобности, час;

Основное время – это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_0 = L_{\text{шв}} / V_{\text{св}} \quad (25)$$

$L_{\text{шв}}$ – сумма длин всех швов, см.

$V_{\text{св}}$ – скорость сварки шва, см/час.

$V_{\text{св}} = 30$ м/ч.

$\Sigma L_{\text{шв}} = 450$ м;

$$t_0 = 15 \text{ часов}$$

Подготовительно-заключительное время включает в себя такие операции как получение производственного задания, инструктаж, получение и сдача инструмента, осмотр и подготовка оборудования к работе и т.д. При его определении общий норматив времени $t_{\text{п.з.}}$ делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{\text{п.з.}} = 10\% \text{ от } t_0.$$

$$t_{\text{п.з.}} = 1,5 \text{ часа.}$$

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вспомогательное время включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволоки $t_{\text{Э}}$, осмотр и очистку свариваемых кромок $t_{\text{КР}}$, очистку швов от шлака и брызг $t_{\text{БР}}$, клеймение швов $t_{\text{КЛ}}$, установку и поворот изделия, его закрепление $t_{\text{Изд}}$:

$$t_{\text{В}} = t_{\text{Э}} + t_{\text{КР}} + t_{\text{БР}} + t_{\text{Изд}} + t_{\text{КЛ}} \quad (26)$$

$t_{\text{В}}$ – вспомогательное время, мин;

$t_{\text{Э}}$ – время на заправку кассеты с электродной проволоки, мин;

$t_{\text{КР}}$ – время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

$t_{\text{БР}}$ – время на очистку швов от шлака и брызг, мин;

$t_{\text{КЛ}}$ – время на клеймение швов, мин;

$t_{\text{Изд}}$ – время на установку и поворот изделия, его закрепление, мин.

При автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным:

$$t_{\text{Э}} = 5 \text{ мин} = 3,57$$

Время зачистки кромок или шва вычисляют по формуле:

$$t_{\text{КР}} = L_{\text{ШВ}} (0,6 + 1,2 \cdot (n_{\text{С}} - 1)) \quad (27)$$

$t_{\text{КР}}$ – время на осмотр и очистку свариваемых кромок, мин;

$n_{\text{С}}$ – количество слоёв при сварке за несколько проходов;

$L_{\text{ШВ}}$ – длина шва, м. $L_{\text{ШВ}} = 29$ м.

$$t_{\text{КР}} = 29 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot 11) = 6,67 \text{ час.}$$

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Время на установку клейма, $t_{\text{КЛ}}$ принимают 0,3 мин на 1 знак,

$$t_{\text{КЛ}} = 0,21$$

Время на установку, поворот и снятие изделия, $t_{\text{Изд}}$ зависит от его массы, данные указаны в таблице 24.

Таблица 24 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	До40	До50	До100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,30	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{\text{Изд}} = 0,9 \text{ часа.}$$

Время на обслуживание рабочего места включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д. принимаем равным:

$$t_{\text{ОБС}} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{\text{О}} \quad (28)$$

$t_{\text{ОБС}}$ – время на обслуживание рабочего места, час;

$t_{\text{О}}$ – основное время, час.

$$t_{\text{ОБС}} = 0,07 \cdot 15 = 1,05 \text{ час.}$$

Время перерывов на отдых и личные надобности зависит от положения, в котором сварщик выполняет работы. При сварке в удобном положении

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot t_0 \quad (29)$$

$$t_{\Pi} = 0,07 \cdot 15 = 1,05 \text{ час.}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 50,15 \text{ час. (базовый вариант);}$$

$$T_{\text{ШТ}} = 30,05 \text{ час. (проектируемый вариант);}$$

Расчёт количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Определяем действительный фонд времени работы оборудования на измененный техпроцесс $\Phi_{\text{д}}$, час., по формуле:

$$\Phi_{\text{д}} = (D_{\text{р}} \cdot t_{\Pi} - D_{\text{пр}} \cdot t_{\text{с}}) \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (30)$$

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$D_{\text{р}} = 253$ – число рабочих дней;

$D_{\text{пр}} = 9$ – число предпраздничных дней;

t_{Π} – продолжительность смены, час.

$t_{\Pi} = 8$ час.

$t_{\text{с}} = 1$ – число часов, на которое сокращен рабочий день перед праздниками ($t_{\text{с}} = 1$ час);

$K_{\text{по}} = 0,95$ – коэффициент, учитывающий простои оборудования в ремонте;

$K_{\text{с}}$ – число смен. $K_{\text{с}} = 1$.

$$\Phi_{\text{д}} = (253 \cdot 8 - 9 \cdot 1) \cdot 0,95 \cdot 1 = 1914 \text{ час.}$$

Определяем общую трудоёмкость, программы T_0 сварных конструкций по операциям техпроцесса:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$T_0 = T_{шт} \cdot N \quad (31)$$

T_0 – общая трудоёмкость, программы;

$T_{шт}$ – норма штучного времени сварной конструкции по операциям техпроцесса, мин;

N – годовая программа, шт. $N = 85$ шт.

$$T_0 = 50,15 \cdot 85 = 4262,75 \text{ час. (базовый вариант);}$$

$$T_0 = 30,05 \cdot 85 = 2550 \text{ час. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитываем количество оборудования C_p по операциям техпроцесса:

$$C_p = T / \Phi_d \cdot K_n \quad (32)$$

C_p – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

T – трудоёмкость программы по операциям, час.;

Φ_d – действительный фонд времени работы оборудования, час.

K_n – коэффициент выполнения норм ($K_n = 1,1 \dots 1,2$).

$$C_p = 2550 / 1914 \cdot 1,2 = 1,11$$

$$\text{примем } C_p = 1$$

По базовой технологии используется 3 установки для сварки.

По новой измененной технологии достаточно 1 источника питания и 1 установки для автоматической сварки в среде защитного газа.

Принятое количество оборудования, C_p , определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_3 = C_p / C_{\Pi} \quad (33)$$

K_3 – коэффициент загрузки оборудования;

C_p – количество оборудования по операциям техпроцесса, шт;

C_{Π} – принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = 1,11 / 1 = 1,11$$

Коэффициент загрузки оборудования равен 1, так как оборудование и техоснастка не используется на других работах этого предприятия.

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был возможно ближе к единице.

Расчет количества работающих

Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих P_{OP} , определяется для каждой операции по формуле:

$$P_{OP} = T_{год} / \Phi_{др} \cdot K_B \quad (34)$$

P_{OP} – численность основных рабочих, ч;

T_O – общая трудоёмкость, программы. $T_O = 2550$ час.;

$\Phi_{др}$ – действительный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, час.;

K_B – коэффициент выполнения норм выработки (1,1... 1,3).

$$P_{OP} = 2550 / 1914 \cdot 1,2 = 1,11$$

примем $P_{OP} = 1$

$$\Phi_{др} = \Phi_d / K_c \quad (35)$$

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$\Phi_{др}$ – действительный годовой фонд рабочего времени одного рабочего, час.;

$\Phi_{д}$ – действительный фонд времени работы оборудования;

$\Phi_{д} = 1914$ час.;

$K_{с}$ – число смен.

$$\Phi_{др} = 1914 \text{ час.}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает 3 сварщика. По новой измененной технологии достаточно 1 сварщика.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам. Исходя из этого, определяем суммарное количество основных рабочих $P_{ор}$.

Расчёт капитальных вложений в оборудование для выполнения годового объёма работ

Сварочный робот QRC-320 с источником питания QINEO® STEP 600-3500000 руб. (проектируемый вариант);

Двухосевой позиционер – 400000 руб.(проектируемый вариант);

Сварочный полуавтомат с источником питания Fronius Trans Signegis 5000 – 700000 руб.(базовый);

Для внедрения новой технологии необходимо приобрести или изготовить новое оборудование и техоснастку, так как их не имеется в наличие на производстве. Затраты на приобретение оборудования будут являться дополнительными затратами на внедрение новой технологии.

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ определяется по формуле:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$$K_{\text{ОБ}} = \Sigma K_{\text{Обj}} \cdot C_{\text{П}} \cdot K_{\text{з}}, \text{ руб.} \quad (36)$$

$K_{\text{Обj}}$ – балансовая стоимость оборудования, руб;

$C_{\text{П}}$ – принятое количество оборудования, шт. $C_{\text{П}} = 1$ шт.

$K_{\text{з}}$ – коэффициент загрузки оборудования. $K_{\text{О}} = 1$

Балансовая стоимость оборудования определяется:

$$K_{\text{ОБ}} = C_{\text{ОБ}} \cdot (1 + K_{\text{ТЗ}}), \text{ руб.} \quad (37)$$

$C_{\text{ОБ}}$ – цена единицы оборудования, руб;

$K_{\text{ТЗ}}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты на монтаж, наладку и устройство фундамента в зависимости от цены на оборудование.

Базовый вариант:

$$K_{\text{Обj}} = 700000 \cdot (1 + 0,12) = 784000 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$K_{\text{Обj}} = 3900000 \cdot (1 + 0,12) = 4368000 \text{ руб.}$$

Определяем капитальные вложения:

$$K_{\text{ОБ}} = 784000 \cdot 3 \cdot 1 = 2352000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{\text{ОБ}} = 4368000 \cdot 1 \cdot 1 = 4368000 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 25.

Таблица 25 – Цена и балансовая стоимость на оборудование, тыс. руб

	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена единицы оборудования	700000	3900000
Коэффициент загрузки	1	1
Количество штук	3	1
Балансовая стоимость	2352000	4368000

Расчет материальных затрат

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

Материальные затраты (МЗ, руб.) рассчитываются по формуле:

$$МЗ = C_{O.M} + C_{B.M} + C_{ЭН} \quad (38)$$

$C_{O.M}$ – стоимость основных материалов, руб.;

$C_{B.M}$ – стоимость вспомогательных материалов, руб.;

$C_{ЭН}$ – стоимость энергоресурсов, руб.;

$$МЗ = 558567,3 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$МЗ = 542432,35 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

К основным относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также и сварочные материалы: электроды, проволока, присадочный материал. Стоимость основных материалов с учетом транспортно-заготовительных расходов ($C_{O.M}$, руб.).

Затраты на сырье

Вес сварочного коромысла составляет 3874 кг.

Цена листового проката стали 10ХСНД – 55000 руб/т

Затраты на сырье составляет 213180 руб., как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку

$$C_{ПР} = M_{НМ} \cdot \psi \cdot Ц \cdot K_{ТР}, \text{ руб} \quad (39)$$

$M_{НМ}$ – масса наплавленного металла, кг.

$$M_{НМ} = 772 \text{ кг};$$

ψ = коэффициент расхода электродного металла;

$Ц$ = 385 руб/кг – оптовая цена 1 кг сварочной проволоки;

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

K_{TP} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{TP} = 772 \cdot 1,10 \cdot 385 \cdot 1,05 = 343289,1 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{TP} = 772 \cdot 1,05 \cdot 385 \cdot 1,05 = 327685,05 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на газ

$$C_{BM(УГ)} = t \cdot q_{ЗГ} \cdot k_P \cdot Ц_{BM(УГ)} \cdot K_T \quad (40)$$

t – время сварки, час.;

$q_{ЗГ}$ – скорость подачи защитного газа, л/мин.; $q_{ЗГ} = 10$ л/мин.;

k_P – коэффициент расхода газа; $k_P = 1,1$;

$Ц_{BM(УГ)}$ – цена газа, руб.; $Ц_{BM(УГ)} = 33,75$ руб./л.;

K_{TP} – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{BM(УГ)} = 50,15 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 33,75 \cdot 1,05 = 19549,1 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{BM(УГ)} = 30,05 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 33,75 \cdot 1,05 = 11713,9 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Затраты на электроэнергию на операцию

$$C_{ЭН} = \alpha_{Э} \cdot W \cdot Ц_{Э}, \text{ руб.} \quad (41)$$

$\alpha_{Э}$ – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг.

W – расход электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_{Э}$ – цена за 1 кВт·ч; $Ц_{Э} = 3,16$ кВт·ч.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

$$C_{ЭН} = 8 \cdot 83 \cdot 3,16 = 2098,2 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{ЭН} = 8 \cdot 62 \cdot 3,16 = 1567,3 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений и налога от нее

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих, отчислений и налога от нее, которые включаются в себестоимость.

Расходы на оплату труда рассчитываются по формуле

$$ЗП = ЗП_О + ЗП_Д, \quad (42)$$

ЗП – расходы на оплату труда, руб.;

ЗП_О – основная заработная плата, руб.;

ЗП_Д – дополнительная заработная плата, руб

$$ЗП = 21553,95 + 24355,96 = 45910 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$ЗП = 12931,05 + 14612,09 = 27543 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Статья «основная заработная плата производственных рабочих» включает зарплату основных рабочих, занятых непосредственно изготовлением изделий, на основании трудоемкости работ.

Основная заработная плата определяется по формуле:

$$ЗП_О = Р_{СД} \cdot К_{ПР} \cdot К_{СС} + Д_{ВР}, \quad (43)$$

ЗП_О – основная заработная плата, руб.;

Р_{СД} – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

К_{ПР} – коэффициент премирования, (данные предприятия) К_{ПР} = 1,5;

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

$D_{ВР}$ – доплата за вредные условия труда, руб.

$K_{СС}$ – коэффициент учитывающий социальные нужды (социальный взнос 30%) на ЕСН. $K_{СС} = 1,3$.

$ЗП_0 = 11033 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 39,6 = 21553,95$ руб. (базовый вариант);

$ЗП_0 = 6611 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 39,6 = 12931,05$ руб. (проектируемый вариант);

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия определяется:

$$P_{СД} = T_{СТ} \cdot T_{ШТ} / 60 \quad (44)$$

$P_{СД}$ – суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

$T_{СТ}$ – часовая тарифная ставка по разряду выполняемых работ с учетом повышающего коэффициента, руб.;

$T_{ШТ}$ – штучное время обработки изделия по операциям техпроцесса, мин.

Наименование операции по базовому техпроцесса «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», 5-й разряд – $T_{СТ} = 220$ руб.

$P_{СД} = 220 \cdot 50,15 = 11033$ руб. (базовый вариант);

$P_{СД} = 220 \cdot 30,05 = 6611$ руб. (проектируемый вариант);

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле:

$$D_{ВР} = T_{СТ} \cdot T_{ВР} / 100 \cdot 60 \quad (45)$$

$D_{ВР}$ – доплата за вредные условия труда, руб.

$T_{СТ}$ – тарифная месячная ставка, руб.

$T_{ВР}$ – время работы во вредных условиях труда, мин.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Коэффициент в пределах (0.10...0.31).

$D_{BP} = 39,6$ руб. (базовый вариант);

$D_{BP} = 39,6$ руб. (проектируемый вариант);

Статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих», отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах 10% от основной заработной платы.

$$ЗП_{Д} = K_{Д} \cdot ЗП_{О} \quad (46)$$

$ЗП_{Д}$ – выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$ЗП_{О}$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_{Д}$ – коэффициент дополнительной заработной платы. $K_{Д} = 1,13$;

$K_{СС}$ – коэффициент учитывающий отчисления социальные нужды 30 %
 $K_{СС} = 1,3$.

$ЗП_{Д} = 1,13 \cdot 21553,95 = 24355,96$ руб. (базовый вариант);

$ЗП_{Д} = 1,13 \cdot 12931,05 = 14612,09$ руб. (проектируемый вариант);

Отчисления на социальные нужды

$O_{CH} = 1,3 \cdot 45910 / 100 = 596,83$ руб. (базовый вариант);

$O_{CH} = 1,3 \cdot 27543 / 100 = 358,06$ руб. (проектируемый вариант);

Затраты на амортизацию оборудования

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Затраты на амортизацию, приходящиеся на одно изделие рассчитаем по формуле:

$$C_A = \frac{K_{OB} \cdot N_A \cdot n_0 \cdot T_{шт}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O, \text{ руб.} \quad (47)$$

K_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

N_A – норма годовых амортизационных отчислений, %;

Механизированной и автоматической сварки $N_A = 14,7$ %;

Φ_D – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час. $\Phi_D = 1914$ час.

K_O – коэффициент загрузки оборудования. $K_O = 0,9$

n_0 – количество оборудования;

K_B – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени. $K_B = 1,1$.

$C_A = 6617,83$ руб. (базовый вариант);

$C_A = 8248,07$ руб. (проектируемый вариант);

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования

$$C_p = K_{об} \cdot n_0 / 100, \text{ руб.} \quad (48)$$

K_{OB} – капитальные вложения в оборудование и техоснастку.

n_0 – количество оборудования.

$C_p = 23520$ руб. (базовый вариант);

$C_p = 43680$ руб. (проектируемый вариант);

Расчет полной себестоимости изделия

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Перед расчетом полной себестоимости изготовления изделия рассчитывается производственная себестоимость.

Производственная себестоимость (СПР, руб.) включает затраты на производство продукции и рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ПР}} = \text{МЗ} + \text{З}_{\text{П}} + \text{О}_{\text{СС}} + \text{О}_{\text{ФЗ}} + \text{О}_{\text{ПФ}} + \text{О}_{\text{МС}} + \text{Р}_{\text{ПР}} + \text{Р}_{\text{ХОЗ}} + \text{С}_{\text{А}} + \text{С}_{\text{Р}} \quad (49)$$

$C_{\text{ПР}}$ – производственная себестоимость, руб.;

МЗ – материальные затраты, руб.;

$\text{З}_{\text{П}}$ – заработная плата, руб.;

$\text{О}_{\text{СС}}$ – отчисления на государственное социальное страхование, руб.;

$\text{О}_{\text{ФЗ}}$ – отчисления в государственный фонд содействия занятости, руб.;

$\text{Р}_{\text{ПР}}$ – общепроизводственные расходы, руб.;

$\text{Р}_{\text{ХОЗ}}$ – общехозяйственные расходы, руб.;

$\text{С}_{\text{А}}$ – затраты на амортизацию, руб.;

$\text{С}_{\text{Р}}$ – Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

В статью «Общепроизводственные расходы» ($\text{Р}_{\text{ПР}}$, руб.) включаются расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

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

$$\text{Р}_{\text{ПР}} = \% \text{Р}_{\text{ПР}} \cdot \text{ЗП} / 100 \quad (50)$$

$\text{Р}_{\text{ПР}}$ – расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих; амортизация; расходы на ремонт основных средств; охрану труда работников; на содержание и эксплуатацию

оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др., руб.;

ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

%P_{ПР} – процент общепроизводственных расходов, %.

$$P_{ПР} = 3 \cdot 45910 / 100 = 1377,3 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ПР} = 3 \cdot 27543 / 100 = 826,29 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» (P_{ХОЗ}, руб.) 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 несчастных случаев на производстве и профзаболеваний. Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

$$P_{ХОЗ} = \%P_{ХОЗ} \cdot ЗП / 100, \text{ руб.} \quad (51)$$

ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

%P_{ХОЗ} – процент общехозяйственных расходов, %.

$$P_{ХОЗ} = 2,5 \cdot 45910 / 100 = 1147,75 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{ХОЗ} = 2,5 \cdot 27543 / 100 = 688,57 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Подставив значения формул найдем производственную себестоимость.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

$C_{\text{ПР}} = 648833,8$ руб. (базовый вариант);

$C_{\text{ПР}} = 624134,1$ руб. (проектируемый вариант);

Полная себестоимость ($C_{\text{ПОЛ}}$, руб.) включает затраты на производство и реализацию продукции и рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ПР}} + P_{\text{ВН}} + O_{\text{ИН.Ф}} \quad (52)$$

$C_{\text{ПОЛ}}$ – полная себестоимость, руб.;

$P_{\text{ВН}}$ – внепроизводственные расходы, руб.;

$O_{\text{ИН.Ф}}$ – отчисления в инновационный фонд, руб.

В статью «Внепроизводственные расходы» ($P_{\text{ВН}}$, руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках.

Эти расходы рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{ВН}} = \%P_{\text{ВН}} \cdot C_{\text{ПР}} / 100 \quad (53)$$

$P_{\text{ВН}}$ – расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.;

$C_{\text{ПР}}$ – производственная себестоимость, руб.;

$\%P_{\text{ВН}}$ – процент внепроизводственных расходов; $\%P_{\text{ВН}} = 0,1-0,5\%$.

$P_{\text{ВН}} = 0,1 \cdot 648833,8 / 100 = 648,83$ руб. (базовый вариант);

$P_{\text{ВН}} = 0,1 \cdot 624134,1 / 100 = 624,13$ руб. (проектируемый вариант);

Отчисления в инновационный фонд ($O_{\text{ИН.Ф}}$, руб.) рассчитываются по формуле:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

$$O_{\text{ин.ф}} = h_{\text{ин.ф}} \cdot (C_{\text{пр}} + P_{\text{вн}}) / 100 \quad (54)$$

$O_{\text{ин.ф}}$ – отчисления в инновационный фонд, руб.;

$h_{\text{ин.ф}}$ – ставка отчислений в инновационный фонд, действующий на момент выполнения ДП, %;

$C_{\text{пр}}$ – производственная себестоимость, руб.;

$P_{\text{вн}}$ – расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках, руб.

$$O_{\text{ин.ф}} = 0,25 \cdot (648833,8 + 648,83) / 100 = 1623,70 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$O_{\text{ин.ф}} = 0,25(624134,1 + 624,13) / 100 = 1561,9 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Подставив значения формул и найдем значение полной себестоимости изготовления детали.

$$C_{\text{пол}} = 648833,8 + 648,83 + 1623,70 = 651106,33 \text{ (базовый вариант);}$$

$$C_{\text{пол}} = 624134,1 + 624,13 + 1561,9 = 626320,13 \text{ (проектируемый вариант);}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 26.

Таблица 26 – Калькуляция себестоимости по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Сумма, руб.		Отклонения
	базов.	проект.	руб.
1	2	3	4
1. Материальные затраты:			
– затрат на сырье;	213180	213180	-
– затрат на присадочную проволоку;	343289,1	327685,05	15604,05
– затрат на газ;	19549,1	11713,9	7835,2
– затраты на электроэнергию на операцию;	2098,2	1567,3	530
Итого	578116,4	554146,25	23970,15

Окончание таблицы 26

1	2	3	4
2. Основная заработная плата производственных рабочих	21553,95	12931,05	
3. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	24355,96	14612,09	
4. Отчисления на социальные нужды	596,83	358,06	
5. Общепроизводственные расходы	1377,3	826,29	
6. Общехозяйственные расходы	147,75	88,57	
7. Затраты на амортизацию	6617,83	8248,07	-1630,24
8. Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования	23520	43680	-20160
Итого производственная себестоимость	648833,8	624134,1	24699,7
10 Внепроизводственные расходы	648,83	624,13	24,7
11 Отчисления в инновационный фонд	1623,7	1561,9	61,8
Всего полная себестоимость	651106,33	626320,13	24786,2

Расчет материалоемкости

Материалоемкость (M_E , руб/руб.) рассчитывается по формуле:

$$M_E = MЗ / C_{\text{пол}} \quad (55)$$

M_E – материалоемкость, руб/руб.;

$MЗ$ – материальные затраты, руб.;

$C_{\text{пол}}$ – полная себестоимость, руб.

$$M_E = 578116,4 / 651106,33 = 0,888 \text{ (базовый вариант);}$$

$$M_E = 554146,25 / 626320,13 = 0,885 \text{ (проектируемый вариант);}$$

Расчет экономического эффекта

Годовой экономический эффект от снижения себестоимости за счет уменьшения расхода (сырья, материалов, топлива, энергии, снижения трудоемкости на операции, сокращения брака и простоя оборудования) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = (C_{\text{пол(БАЗ)}} - C_{\text{пол(ПРОЕКТ.)}}) \cdot N \quad (56)$$

Δ_{Γ} – годовой экономический эффект от снижения себестоимости за счет уменьшения расхода;

$C_{\text{ПОЛ(БАЗ.)}}$; $C_{\text{ПОЛ(ПРОЕКТ.)}}$ – полная себестоимость изготовления узла по базовой и проектируемой технологии, руб. указана в таблице 27;

N – годовая программа, шт.

$$\Delta_{\Gamma} = (651106,33 - 626320,13) \cdot 85 = 2106827 \text{ руб.}$$

По изготовлению детали можно рассчитать следующие технико-экономические показатели:

- трудоемкость изготовления детали;
- коэффициент использования основных материалов;
- материалоемкость;
- сдельная расценка;
- полная себестоимость изготовления детали;
- годовой экономический эффект.

Срок окупаемости

$$T_{\text{ок}} = K/\Pi \quad (57)$$

$$T_{\text{ок}} = 0,48$$

Рентабельность рассчитывается по формуле:

$$P = \Pi/СП \quad (58)$$

$$P = 0,45$$

В первый год экономический эффект при замене механизированной сварки на автоматическую сварку в среде защитных газов плавящимся электродом составит 2106838 рублей.

Таблица 27 – Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Единица измерения	Величина показателя		Изменения показателя по сравнению с базовым вариантом увеличение (+); уменьшение (-)
		Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5
1. Годовой выпуск продукции	Шт.	85	85	
2. Численность рабочих	Чел	3	1	-2
3. Количество оборудования	Шт.	3	1	-2
4. Трудоемкость годового объема продукции	Норм-ч	4262,75	2550	1712,75
5. Материалоемкость годового объема продукции	Т	0,888	0,885	
6. Коэффициент загрузки оборудования		1	1	
7. Капитальные вложения в оборудование	Руб.	2352000	4368000	+2016000
8. Полная себестоимость	Руб.	651106,33	626320,13	-24786,3
9. Полная себестоимость производственной программы выпуска	Руб.	55344038	53237200	-2106838
10. Прибыль (40%)	Руб.	22137615,2	24244453,2	2106838
11. Срок окупаемости	год		0,48	
12. Годовой экономический эффект	Руб.	2106838		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

87

3 Методический раздел

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки коромысла карьерного эксковатора. В процессе разработки предложена замена полуавтоматической электродуговой сварки коромысла карьерного эксковатора на автоматическую электродугую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса.

Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использование сварочных роботов для производства процесса сварки.

Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» уровень квалификации не ниже 5-го разряда. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением»(5-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 такие нормативные документы как профессиональные стандарты.

Профессиональный стандарт является новой формой определения квалификации работника по сравнению с единым тарифно-квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих.

Профессиональные стандарты применяются:

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников,
- разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;
- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1.Профессиональный стандарт «Сварщик»(код 40.002, рег.№14,приказ Минтруда России №701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г.,рег.№3101)

2.Профессиональный стандарт «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки»(код 40.109, рег. № 664, Приказ Минтруда России №916н от 01.12.2015г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015г. рег. № 40426).

На первом этапе рассмотрим функциональную карту видов трудовой деятельности по профессии «Сващик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), так как в базовой технологии сварочные работы осуществляются с применением полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

В таблице 28 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) и «Сварщик-

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (5-го разряда).

Таблица 28- Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) и «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (5-го разряда).

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки
1	2	3
Трудовая функция	Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими и динамическими и вибрационными нагрузками.	Выполнение роботизированной сварки с программированием и настройкой оборудования. Выполнение роботизированной сварки с программированием и настройкой единичного робота-манипулятора. Выполнение роботизированной сварки с программированием и настройкой роботизированного комплекса.
Трудовые действия	Ознакомление с конструкторской и производственно-технологической документацией по сварке. Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования. Зачистка ручным или механизированным инструментом элементов конструкции (изделия, узлы, детали) под сварку. Выбор пространственного положения сварного шва для сварки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей). Сборка элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку с применением сборочных приспособлений. Сборка элементов конструкции (изделия, узлы, детали) под сварку на прихватках. Контроль с применением измерительного инструмента	Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации. Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке. Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования. Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки. Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.

Продолжение таблицы 28

1	2	3
	<p>подготовленных и собранных с применением сборочных приспособлений элементов конструкции (изделия, узлы, детали) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленных и собранных на прихватках элементов конструкции (изделия, узлы, детали) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p> <p>Зачистка ручным или механизированным инструментом сварных швов после сварки.</p> <p>Удаление ручным или механизированным инструментом поверхностных дефектов (поры, шлаковые включения, подрезы, брызги металла, наплывы и т.д.).</p> <p>Проверка оснащённости сварочного поста частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности оборудования поста частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Проверка наличия заземления сварочного поста частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Подготовка и проверка сварочных материалов для частично механизированной сварки (наплавки).</p> <p>Настройка оборудования для частично механизированной</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> <p>Разработка и настройка технологических программ по сварке для единичного манипулятора.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности оборудования для роботизированной сварки.</p> <p>Устранение неисправности в работе единичного манипулятора.</p> <p>Выполнение программирования роботизированного комплекса и настройки параметров сварки роботизированного комплекса.</p> <p>Управление устройствами промышленной визуализации процесса сварки и автоматического слежения за сваркой (тепловыми, механическими, электромеханическими, магнитными, лазерными, оптическими).</p> <p>Выполнение сварки на роботизированном комплексе.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

91

	сварки (наплавки) плавлением для выполнения сварки.	
--	--	--

Продолжение таблицы 28

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

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

<p>Необходимые умения</p>	<p>Выбирать пространственное положение сварного шва для сварки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей).</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку.</p> <p>Использовать ручной и механизированный инструмент для подготовки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку, зачистки сварных швов и удаления поверхностных дефектов после сварки.</p> <p>Использовать измерительный инструмент для контроля собранных элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p> <p>Проверять работоспособность и исправность оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Настраивать сварочное оборудование для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Выбирать пространственное положение сварного шва для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Владеть техникой предварительного, сопутствующего (межлольного) подогрева металла в соответствии с требованиями производственно-технологической документации по сварке.</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, 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)</p>
---------------------------	--	---

Продолжение таблицы 28

1	2	3
	<p>Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением простых деталей неотчетственных конструкций в нижнем, вертикальном и горизонтальном пространственном положении сварного шва.</p> <p>Контролировать с применением измерительного инструмента сваренные частично механизированной сваркой плавлением простые детали на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.</p> <p>Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции.</p>	<p>на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Настраивать совместную работу робота с другими устройствами, в том числе с другими роботами.</p> <p>Применять программное обеспечение для дистанционного создания и корректирования программ, компоновки и настройки роботизированных ячеек.</p> <p>Настраивать устройства промышленной визуализации процесса сварки и автоматического слежения за сваркой (тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические).</p> <p>Интегрировать в программу взаимодействие робота с устройствами промышленной визуализации (тепловыми, механическими, электромеханическими, магнитными, лазерными, оптическими) процесса сварки с возможностью выбора автоматического слежения за сваркой.</p>
<p>Необходимые знания</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы, размеры сварных соединений и обозначение их на чертежах.</p> <p>Правила подготовки кромок изделий под сварку.</p> <p>Основные группы и марки свариваемых материалов.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения.</p> <p>Правила сборки элементов конструкции под сварку.</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>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

94

Продолжение таблицы 28

1	2	3
	<p>Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки.</p> <p>Способы устранения дефектов сварных швов.</p> <p>Правила технической эксплуатации электроустановок.</p> <p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.</p> <p>Правила по охране труда, в том числе на рабочем месте.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Основные группы и марки материалов, свариваемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения.</p> <p>Правила эксплуатации газовых баллонов.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением для сварки простых деталей ответственных конструкций в нижнем, вертикальном и горизонтальном пространственном положении сварного шва.</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.</p> <p>Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях.</p> <p>Технология роботизированной сварки.</p> <p>Основы программирования робота:</p> <ul style="list-style-type: none"> -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). <p>Правила технической эксплуатации электроустановок</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

95

Продолжение таблицы 28

1	2	3
	<p>Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых (наплавляемых) изделиях.</p> <p>Причины возникновения дефектов сварных швов, способы их предупреждения и исправления.</p>	<p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.</p> <p>Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.</p> <p>Обслуживание электрической части робота:</p> <ul style="list-style-type: none"> -требования охраны труда; -обзор системы; -управляющая часть; -силовая часть; -схема безопасности; -подключение сварочного оборудования к роботу; -запуск, наладка и обслуживание электрики; -установка программного обеспечения; -монтажная схема; диагностика. <p>Тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические устройства промышленной визуализации сварочных процессов и слежения за сварочными процессами и способы их интеграции в роботизированный комплекс.</p>
<p>Другие характеристики</p>	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией:</p> <p>сварочные процессы, выполняемые сварщиком в ручную и с механизированной подачей проволоки:</p> <p>сварка дуговая сплошной проволокой в смеси газов.</p>	<p>Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией:</p> <p>- роботизированная дуговая сварка сплошной проволокой в смеси газов с программированием и настройкой роботизированного комплекса.</p>
<p>Характеристики выполняемых работ</p>	<p>Прихватка элементов конструкций частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва, кроме потолочного.</p> <p>Частично механизированная сварка (наплавка) плавлением</p>	<p>Прихватка элементов конструкций роботизированной сваркой плавлением в среде защитных газов.</p> <p>Роботизированная сварка (наплавка) плавлением в нижнем пространственном положении сварного шва детали.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП.44.03.04.631.ПЗ

Лист

96

--	--	--

Окончание таблицы 28

1	2	3
	<p>в нижнем и горизонтальном пространственном положении сварного шва детали.</p> <p>Устранение наружных дефектов зачисткой и сваркой (пор, шлаковых включений, подрезов, наплывов и т.д., кроме трещин).</p>	

Вывод: результатом сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (5-го разряда) И«Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (5-го разряда).

Необходимые знания:

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых роботизированной сваркой, и обозначение их на чертежах.

Устройство сварочного робота и вспомогательного оборудования для роботизированной сварки, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения.

Сварочные материалы для роботизированной сварки.

Основные группы и марки свариваемых материалов.

Требования к сборке конструкции под сварку, расположение и размеры прихваток при сборке конструкции.

Виды и назначение сборочно-сварочной оснастки, технологических приспособлений и манипуляторов, используемых для сборки деталей (узлов) под роботизированную сварку.

Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля.

Виды дефектов сварных соединений, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.

Назначение и условия применения роботизированной сварки.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Причины возникновения и меры предупреждения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях.

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).

Правила технической эксплуатации электроустановок.

Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.

Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

Обслуживание электрической части робота:

- требования охраны труда;
- обзор системы;
- управляющая часть;
- силовая часть;
- схема безопасности;
- подключение сварочного оборудования к роботу;
- запуск, наладка и обслуживание электрики;
- установка программного обеспечения;
- монтажная схема; диагностика.

Тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические устройства промышленной визуализации сварочных процессов и

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

слежения за сварочными процессами и способы их интеграции в роботизированный комплекс.

Необходимые умения:

- определять работоспособность, исправность роботизированного сварочного оборудования и осуществлять его подготовку;
- применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку;
- 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;
- применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации;

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		99

- настраивать совместную работу робота с другими устройствами, в том числе с другими роботами;
- применять программное обеспечение для дистанционного создания и корректирования программ, компоновки и настройки роботизированных ячеек;
- настраивать устройства промышленной визуализации процесса сварки и автоматического слежения за сваркой (тепловые, механические, электромеханические, магнитные, лазерные, оптические);
- интегрировать в программу взаимодействие робота с устройствами промышленной визуализации (тепловыми, механическими, электромеханическими, магнитными, лазерными, оптическими) процесса сварки с возможностью выбора автоматического слежения за сваркой.

На основании выявленного сравнения возможно разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» и провести данную работу в рамках промышленного предприятия без отрыва от производства.

3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки»

В соответствии с рекомендациями института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих 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 «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки», который представлен в таблице 29. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 29 – Учебный план повышения квалификации рабочих по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	2	3
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	88
1.1	Экономический курс. Основы рыночной экономики и предпринимательства	4
1.2	Материаловедение	4
1.3	Электротехника	4
1.4	Специальная технология	32
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ	96
2.1	Ознакомление с устройством сварочного робота, режимами и приемами сварки и наплавки, инструктаж по организации рабочего места и техника безопасности.	6
2.2	Подготовка сварочного робота к работе, присоединение редукторов, осушителей и подогревателей газа.	6
2.3	Упражнения в применении сварочного робота без включения сварочного тока и защитного газа. Регулирование подачи сварочной проволоки	6
2.4	Сварка прямолинейных швов сварочным роботом, наплавка в нижнем положении.	6
2.5	Многослойная наплавка	6

Окончание таблицы 29

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

2.6	Сварка прямолинейных и кольцевых швов с самостоятельными подборками и установкой режима	
2.7	Сварка пластин в стык в нижнем положениях сварного шва	6
2.8	Сварка прямолинейных угловых швов	6
2.9	Сварка кольцевых швов с поворотом и без поворота свариваемых деталей	6
2.10	Комплексные работы	42
	КОНСУЛЬТАЦИИ	4
	КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ЭКЗАМЕНЫ	8
	Итого:	160

3.3 Разработка учебной программы предмета «Специальная технология»

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

Тематический план предмета «Специальная технология» подготовки рабочих по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (таблица 30).

Таблица 30 – Тематический план подготовки рабочих по профессии «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Кол. Часов всего
1	2	3
1	Сварочные материалы	4
2	Источники питания	4
3	Черчение (чтение чертежей, схем)	2

Окончание таблицы 30

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

4	Оборудование для автоматической и роботизированной сварки в защитных газах	12
4.1	Общие сведения и квалификация сварочных роботов	2
4.2	Устройство и основные узлы сварочных роботов	2
4.3	Электрические схемы сварочных роботов	2
4.4	Типовые конструкции сварочных роботов	2
4.5	Техническое обслуживание сварочных роботов	2
5	Технология автоматической и роботизированной сварки в защитных газах	8
5.1	Особенности автоматической и роботизированной сварки в защитных газах	2
5.2	Особенности сварки углеродистых и низколегированных сталей	2
5.3	Выполнение сварки во всех пространственных положениях сварного шва	2
5.4	Режимы автоматической и роботизированной сварки в защитных газах	2
6	Контроль качества сварных швов	4
7	Охрана труда	4
	Итого:	32

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

3.4 Разработка плана – конспекта урока

Тема урока: «Устройство и основные узлы роботизированного сварочного комплекса».

Цели занятия:

Обучающая: Формирование знаний в изучении устройств и основных узлов роботизированного сварочного комплекса, их назначение и принцип работы.

Развивающая: развивать познавательную деятельность, самостоятельность в выборе способов действий.

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

Тип урока: урок усвоения новых знаний.

Методы обучения: объяснительно-иллюстративные методы.

Дидактическое обеспечение занятия: рабочая тетрадь; плакаты (оборудование для автоматической роботизированной сварки, основные узлы роботизированного комплекса, технические характеристики); учебник Л.П. Шебеко. «Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки»; В.С. Виноградов «Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки»;

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Изучение нового материала;
5. Закрепление знаний и умений;
6. Подведение итогов занятия, задание на дом.

План-конспект занятия:

Устройство и обслуживание сварочного роботизированного комплекса. Типовые узлы сварочного роботизированного комплекса, конструкции подающего механизма. Назначение и устройство узлов и механизмов

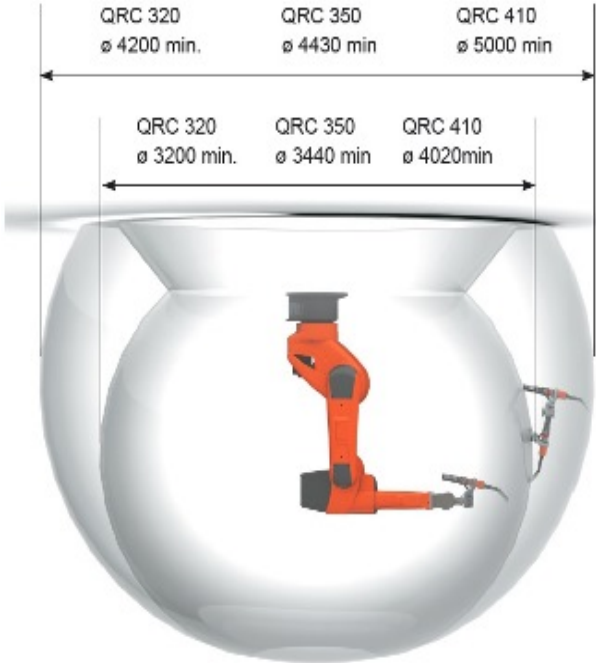
План – конспект урока в таблице 31.

Таблица 31 – План – конспект урока

Этапы занятия,	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационная часть. 5мин.	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки. Прежде чем приступим изучать новый материал, давайте сделаем переключку и отметим отсутствующих.	Приветствую обучающихся, проверяю отсутствующих, смотрю готовность к уроку.

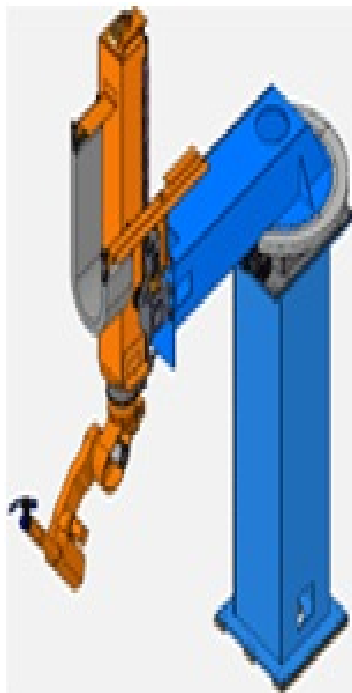
Продолжение таблицы 31

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

1	2	3
	<p>Краткое описание сварочного робота QRC-320.</p> <p>Специализация:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Универсальный, - Сварочный для дуговой сварки - Тип запястья: Классическое запястье - Количество осей робота: 6 - Дотягаемость: 2500 мм - Грузоподъемность: 15 кг - Точность \ повторяемость : 0.1 мм - Вес манипулятора: 172 кг - Страна-производитель: Германия <p>Рекомендуемые области применения: автомобильная промышленность и производство комплектующих. Автомобили специального назначения/строительные машины. Изготовление оборудования, резервуаров и стальных конструкций, машиностроение. Роботизированная сварка. Вагоностроение. Судостроение.</p> <p>Радиус действия робота QRC -320</p> 	<p>Диктую под запись, хожу по аудитории, контролируя учащихся по успеваемости.</p> <p>Параллельно общаюсь с учащимися, для того, чтобы излагаемый программный материал был доступен.</p> <p>Рассказ нового пункта. Хожу по аудитории рассказываю, если что-то необходимо зафиксировать в конспекте, диктую под запись.</p> <p>Подхожу к плакату рассказываю. Диктую под запись, хожу по аудитории, контролируя учащихся по успеваемости</p> <p>С этого момента обращаю внимание учащихся что это нужно записать.</p>

Продолжение таблицы 31

Сварочная колонна CSTD-V - Колонна с поворотной стрелой и устройством вертикального хода робота



Показываю на плакате изображения этих автоматов и их технические характеристики.

Рассказываю. Хожу по аудитории, по средствам жестикологии рассказываю и показываю наглядно на плакатах.

Характеристика сварочной колонны для сварочного робота:

- высота колонны – 4,605 м
- максимальная высота хода 2,600 м
- диапазон поворота 320°
- точность позиционирования 0,1 мм

Двухосевой позиционер -WPEK-G с наклоняемым двухстоечным вращателем (рисунок 18).

Максимальная нагрузка 5-50 кН.

Максимальный радиус свободного вращения 750-1022 мм.

Расстояние между планшайбами вращателя 1500-6500 мм.

Диапазон вращения планшайб 720°.

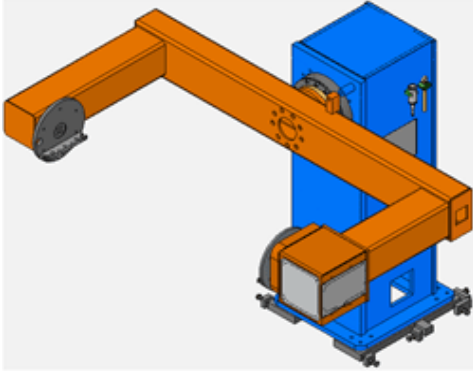
Макс. скорость вращения 22,5-165°/сек.

Диапазон наклона оси вращателя 370° или ±10°.

Макс. скорость наклона оси вращателя 3-75°/сек.

Окончание таблицы 31

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

1	2	3
		
<p>Первичное закрепление материала 10 мин</p>	<p>Предлагаю ответить на вопросы, чтобы выяснить, насколько усвоили новый материал.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Расскажите о сварочного робота QRC-320 2) Назовите основные характеристики сварочной колонны CSTD-V 3) Назовите основные характеристики двухосевого позиционера -WPEK-G с наклоняемым двухстоечным вращателем 	<p>Провожу фронтальный опрос обучающихся, выясняю кто усвоил пройденный материал, а с кем необходимо позаниматься дополнительно. Выставляю оценки за ответы в журнал.</p>
<p>Выдать домашнее задание 5 минут</p>	<p>Запишите домашнее задание: занятия повторить «Устройство и обслуживание сварочного роботизированного комплекса. Типовые узлы сварочного роботизированного комплекса, конструкции подающего механизма. Назначение и устройство узлов и механизмов».</p>	<p>Инструктирую обучающихся по выполнению домашнего задания</p>

Постоянно меняющиеся условия российского рынка труда, технические усовершенствования, растущая конкуренция заставляют вновь и вновь доказывать свою профессиональную пригодность. Именно поэтому все большую популярность приобретает дополнительное профессиональное образование, позволяющее специалистам повысить квалификацию или пройти профессиональную подготовку и получить квалификацию, дающую право работать в новой сфере деятельности.

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

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику «Электросварщика на автоматических и полуавтоматических машинах» 4 и 5 разряда;

- составили учебный план для профессиональной подготовки персонала на автоматических машинах;

- составили тематический план предмета «Специальная технология» для профессиональной подготовки персонала на автоматических машинах;

- разработали план - конспект занятия;

- разработаны средства обучения для выбранного занятия.

Все эти разделы могут быть использованы для разработки учебных и тематических планов и планов уроков с подбором средств обучения для переподготовки рабочих по профессии «Сварщик (электросварочные работы на автоматических и полуавтоматических машинах)» профессиональных образовательных учреждениях, учебных заведениях, подразделениях предприятий, учреждений и фирм, имеющих право ведения указанной деятельности в рамках, установленных действующим законодательством.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над дипломным проектом был разработан технологический процесс сборки и сварки коромысла с использованием автоматической сварки.

Были достигнуты поставленные задачи:

- проанализирован базовый вариант изготовления коромысла;
- подобран и обоснован проектируемый способ сварки коромысла;
- проведены необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрано и обосновано сварочное и сборочное оборудование;
- разработана технология сборки-сварки коромысла;
- проведены расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработана программа подготовки электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах. Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта разработан проектируемый вариант технологического процесса по замене механизированной сварки на автоматическую сварку в среде защитного газа.

В экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию сборки и сварки узлов коромысла.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Бакиев, А.В. Технология аппаратостроения: учебное пособие / А.В. Бакиев. – Уфа: УГНТУ, 1995. – 297 с.
- 2 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С.Зубченко, М.А. Колосков. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
- 3 Кнорозов, Б.В. Технология металлов / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В Третьяков. – М.: Металлургия, 1978. – 324 с.
- 4 Шоршоров, М.Х. Фазовые превращения и изменения свойств стали при сварке / М.Х. Шоршоров, В.В. Белов. – М.: Наука, 1992. – 220 с.
- 5 Макаров, Э.Л. Сварка и свариваемые материалы / Э.Л. Макаров. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.
- 6 Куликов, В.П. Технология сварки плавлением / В.П. Куликов. – Минск.:Дизайн ПРО, 2000. – 256 с.
- 7 Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / С.И. Думов. – М.: Машиностроение, 1987. – 458 с.
- 8 Механизированное оборудование для производства сварных конструкций. Компетентностный подход : учебное пособие для вузов по направлению подготовки 051000.62 - Профессиональное обучение (машиностроение и материалобработка) [Гриф УМО]. [В 2 ч.] Ч. 1 / Е. М. Дорожкин, И. В. Осипова, Н. И. Уляшин, Н. Н. Уляшина. - Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2014. - 168 с.
- 9 Маслов, Б. Г. Производство сварных конструкций : учебник [Гриф Федерального института развития образования] / Б. Г. Маслов, А. П. Выборнов. - 4-е изд., стер. - Москва : Академия, 2012. - 284 с.
- 10 Овчинников, В. В. Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов : учебник [Гриф Федерального института развития образования] / В. В. Овчинников. - 2-е изд., испр. - Москва : Академия, 2012. - 252 с.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		111

11 Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом /А.Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 233 с.

12 Геворкян, В.Г. Основы сварочного дела / В.Г. Геворкян. – М.: Высш. шк., 1985. – 168 с.

13 Елагин, А.В. Сварка в среде защитных газов / А.В. Елагин. – М: машино-строение 1971 г. – 263 с.

14 Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли» / сост. Л.Т. Плаксина, В.И. Панов, С.А. Задорина. – Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2012. – 38 с.

15 Верховенко, Л.В. Справочник сварщика / Л.В. Верховенко , А.Н. Тунин. – М.: Высш. шк., 1990. - 497 с.

16 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977.– 432 с.

17 Степанов, В.В. Справочник сварщика / В.В. Степанов. – М.: Машино-строение, 1983. – 559 с.

18 Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства/ А. Д. Гитлевич, Л. А. Этингоф. – М: Машиностроение, 1979. – 280с.

19 Рыморов, К.С. Механизация и автоматизация сварочного производства / К.С. Рыморов. – М: Машиностроение, 1990. – 384 с.

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

21 Промышленное оборудование. Каталог №5 / Совплим // Промышлен-ное оборудование. - М.: Дюкон, 2001. – 98 с.

22 Крампит, Н.Ю. Сварочные приспособления / А.Г Крампит, Н.Ю. Крампит. – ЮТИ ТПУ. 2008 – 95 с.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

23 Волченко, В.Н. Контроль качества сварки / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 328 с.

24 Троицкий, В.А. Дефекты сварных швов и средства их обнаружения / В.А Троицкий, В.П.Радько, В.Г. Демидко. – Киев: Вища школа, 2003. – 144 с.

25 Куркин, С.А., Сварные конструкции. / С.А. Куркин, Г.А. Николаев.- М.: Высш. шк., 1991. – 397 с.

26 Карпей, Т.В. Экономика, организация и планирование промышленного производства. / Т.В. Карпей. – Мн.: Дизайн ПРО, 2004. – 328 с.

27 Королев, Н.В. Тепловые расчеты при сварке, наплавке и термической резке: Учебное пособие/ Н.В.Королев/ Екатеринбург Изд-во УГТУ, 1996.156 с.

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

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

30 ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитных газах. Сварные соединения. – Введ. 1977-02-04– М.: Изд-во стандартов, 1977. – 21 с.

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		113

Приложение А. Лист задания

					НАЗВАНИЕ ДОКУМЕНТА	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		114

Приложение Б. Спецификация

					ДП.44.03.04.631.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

