

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой МСП  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ  
РАМЫ ПОРОДО – УБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Исполнитель  
студент группы ЗСМ-405С \_\_\_\_\_ И. Ю. Рябков

Руководитель  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Н.И. Ульяшин

Нормоконтролер  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Л.Т.Плаксина

Екатеринбург 2019

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект представлен пояснительной запиской на 78 листах, графической частью на 6 листах чертежей и плакатов, 39 таблицами, и 30 литературными источниками.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И СБОРКИ, ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ, ДУГОВАЯ СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА В ЗАЩИТНОЙ СРЕДЕ ГАЗА, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ, РАБОЧАЯ ПРОГРАММА, ПЕРЕКВАЛИФИКАЦИЯ, ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ.

Рябков И.Ю. разработка технологии сборки и сварки рамы породо - уборочной машины: выпускная квалификационная работа / И.Ю. Рябков; Рос. гос. Проф. – пед. ун – т. Ин - т Инж. – пед. образования, Каф. ИММ. – Екатеринбург, 2019. – 78 с.

Краткая характеристика содержания ВКР

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка технологии сборки и сварки рамы породо - уборочной машины»

2 .Цель работы:

Разработать технология для автоматической сварки под флюсом рамы породо - уборочной машины с использованием при сборке и сварке двухстоечного кантователя позиционера.

Рассмотреть проектирование программ переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением».

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ конструкции, подобраны сварочные материалы, оборудование, выполнен

ДП. 44. 03. 04 137 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Рябков				Разработка технологии сборки и сварки рамы породо-уборочной машины	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Ульяшин						1	2
Н.Контр.	Плаксина							
Утв.	Гвзанов							

Перв. примен.	расчет режимов сварки, рассмотрено проектирование рабочей программы переподготовки сварщиков, для выполнения задач технологического процессов связанных с автоматической сваркой плавлением.								
	4 Данная работа может быть использована при организации технологических процессов сборки и сварки рам идентичной конструкции на машиностроительном предприятии.								
Справ. №									
Подп. и дата									
Изм. № дубл.									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Изм. № подл.						ДП. 44. 03. 04 137 ПЗ			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка технологии сборки и сварки рамы пороодо-уборочной машины	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Рябков							
	Пров.	Ульяшин						1	2
Н.Контр.	Плакшина								
Уте.	Гвзанов								

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Описание конструкции .....</b>	<b>8</b>
1.1 Свойства сталей .....	10
1.2 Расчет стали 16 ГС на свариваемость .....	12
1.3 Оценка стали 09Г2 на свариваемость .....	15
1.4 Расчетно-статистический показатель склонности к горячим трещинам стали 16ГС по показателю Уилкинсона.....	16
<b>2 Теория технологии сварки выбранного класса стали .....</b>	<b>20</b>
2.1 Анализ существующего способа сварки выбранной металлоконструкции (базовый вариант).....	21
2.2 Выбор способа сварки .....	23
2.3 Выбор сварочных материалов .....	27
<b>3 Сварочные режимы .....</b>	<b>32</b>
3.1 Расчет режимов автоматической сварки в CO <sub>2</sub> .....	32
3.2 Расчет режимов механизированной сварки в CO <sub>2</sub> .....	38
3.3 Расчет режимов прихваток в CO <sub>2</sub> .....	44
3.4 Расчет режимов автоматической сварки под флюсом .....	48
<b>4 Выбор оборудования .....</b>	<b>49</b>
4.1 Выбор и обоснование сварочного оборудования и его технические характеристики .....	49
4.2 Выбор и обоснование сборочного оборудования и его технические характеристики .....	52
<b>5 Контроль качества сварных соединений .....</b>	<b>56</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>60</b>

### МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>61</b>
<b>1 Анализ профессиональных стандартов «Сварщик» по профессии «Сварщик» механизированной и автоматической сварки» .....</b>	<b>62</b>
<b>2 Разработка учебной программы переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» .....</b>	<b>68</b>
<b>3 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением.....» .....</b>	<b>70</b>
<b>4 Разработка плана урока по теме: «Оборудование для автоматической сварки под флюсом» .....</b>	<b>71</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>76</b>

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист
					ДП 44.03.04. 137 ПЗ	3

## ВВЕДЕНИЕ

Сварочное производство – это производство, которое подразумевает создание металлических конструкций, несущих элементов машин, фрагментов и узлов действующих механизмов. Человечество стремительно развивается и развивает научно - технический прогресс, который в свою очередь является своеобразным донором, питающим многочисленные идеи в создании все более новых модернизированных объектов строительства промышленного и жилого комплекса, космической и авиационной сферы, промышленное речное и мореплавание, агрономию и животноводство, автомобилестроение. Двадцать первый век открывает новые возможности, заставляет оглянуться и освежить память исторического развития, на основные разработки технологии, в различных сферах народного хозяйства. Анализ ошибок и их исправлений, совершенствования и создания все более надежных и долговечных по сроку службы систем, определяющих главные основы функционирования оборудования и систем.

Машиностроение целиком и полностью зависит от прогрессивного развития и опыта эксплуатации уже созданных технологических процессов и определяет, через многообразные систематические проработки и повторения изобретений. Разработки и наработки технических комплексов берут истоки из древних времен истории Египта, Греции, Рима, европейской эпохи возрождения (ренессанса). Надо отдать должное уважение великим ученым – умам, развивавшим все направления сферы науки и техники, несмотря на сложности, в их, во многом нелегких судьбах, служивших на благо человечества. В особом представлении не нуждаются такие Светила как Джордано Бруно, Коперник, Галилео Галилей, Архимед, Исаак Ньютон, Менделеев, Майкл Фарадей, Мария и Пьер Кюри (молекулярно – кинетическая теория), Александр Белл, наш соотечественник изобретатель радио Александр Степанович Попов, изобретатель - самоучка Константин Циолковский, родоначальник авиастроения Жуковский Николай Егорович, Иван Александрович Кузков первый помощник

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						4

правителя российских владений на Аляске, — один из всемирно известных мореходов и основоположник российского судостроения, Игорь Васильевич Курчатов отец советской атомной бомбы и многие и многие другие. Эти великие вековечные имена, оставившие след в истории можно перечислять до бесконечности долго. Но мы должны помнить и знать имена тех кто были фундаменталистами в области сварки, основоположниками и открывателями сварочного производства. А это прежде всего русский ученый В.В. Петров, который 1802 году открыл электродуговой разряд и указал возможность его применения для плавления металлов.

Русский инженер Н.Н. Бернадос 1882 году открыл способ электродуговой сварки металлов неплавящимся угольным электродом, а также способ дуговой сварки в защитном газе и дуговой резки металлов.

Русский инженер Н.Г. Славянов в 1888 году предложил производить сварку плавящимся металлическим электродом, с его именем связаны исследования металлургических процессов электродуговой сварки.

Ну что еще можно сказать кроме того, что в словосочетании «металлические конструкции», само слово металлический говорит о том, что, без научных открытий в области металлургии не существовало бы и сварочного производства. Поскольку бесчисленное множество разновидностей сталей, находят применение в производстве металлоконструкций различного назначения.

Сварочное производство не ограничивается каким то одним направлением деятельности производства, сварка может и быть применима в быту, как основное особо выгодное действие по созданию или ремонту несложных, очень нужных в хозяйстве изделий. Все мы знаем что очень умелыми и опытными руками можно создать стульчик, сделать шведскую стенку, починить расшатанный табурет, отремонтировать стальную раму велосипеда.

Тема машиностроения - тяжелое машиностроение получило «железную путевку в жизнь» во всех сферах индустрии.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

Но очень необходимо понимать что металлургия какая бы она ни была цветной и черной, прежде всего зависит от горнодобывающей промышленности, очень трудоемкого и дорогого процесса извлечения полезных ископаемых (необходимых компонентов к сплавам).

И это напрямую связано в местом моей трудовой деятельности, с предприятием по добыче боксита объединенной компании «РУСАЛ» - русский алюминий.

Темой моего дипломного проекта стала «Технология сборки и сварки н фрагмента от несущей рамы породоборочной машины типа - ПНБ, двутавровая балка коробчатого типа. Данная машина немного устарела на сегодняшний день, и требует некоторой доработки, особенно самой рамы нуждающейся в улучшении и упрочнении некоторых сварных узлов (втулки для крепления балансиров направляющих роликов к несущей раме) и модернизации сварочных установок и механизированных технологических комплексов для сборки данной конструкции.

В дипломном проекте предстоит сделать:

- представить сварную конструкцию, сделать анализ условий эксплуатации всей конструкции машины и конструкционных единиц;
- обосновать выбор конструкционных материалов, (представление химического состава выбранных сплавов, сравнить их механические и технологические свойства);
- произвести анализ свариваемости выбранных сплавов (предварительную оценку свариваемости);
- выбрать способ сварки (перечислить достоинства и недостатки способа сварки);
- выбрать сварочные материалы и охарактеризовать их ( в зависимости от выбранного способа сварки);
- рассчитать параметры режима сварки (диаметр электродной проволоки  $d_{эл.пр.}$ , расход защитного газа) силу сварочного тока  $I_{св}$ , напряжение дуги  $U_{д}$ , скорость

Име. № подл.	
Подп. и дата	
Взам.име. №	
Име. № дубл.	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

сварки  $V_{св.}$  скорость подачи электродной проволоки;

- выбрать основное сварочное оборудование и его предоставить его технические характеристики;
- выбрать и охарактеризовать сборочное оборудование с его компоновкой;
- подобрать метод контроля качества сварных соединений;
- описать технологический процесс сборки и сварки металлоконструкции.
- в методической части разработать программу производственного обучения по переквалификации от сварщик частично механизированной к оператора автоматической сварки плавлением под флюсом.
- Дать заключение в работе.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ				Лист
									7



## 1 Описание конструкции

Данная металлоконструкция имеет вид П - образной формы, напоминающей зимние конные сани, в основание конструкции заложено балки коробчатого типа, с отверстиями для крепления несущих осей направляющих роликов траков (гусянки). Несущая металлоконструкция, далее основная «БАЛКА» - ПНБ функционирует при сильных динамических (положительных и отрицательных) нагрузениях, и условиях влажности до 30%. Рама является основанием для крепления привода двигателя хода и маслостанции (внутренний отсек), а также несет крепления гидроцилиндров подъема стрелы, и подъема заборной части приемного стола горной массы. Сама машина типа ПНБ-1, ПНБ-2 является проходческим подземным комплексом, служит для погрузки горной массы в шахтные вагоны (вагонетки) для дальнейшей её транспортировки на гора (смотреть рисунок 1)



Рисунок 1 – Погрузочная машина ПНБ – 2

На рисунке 2 показан эскиз рамы ПНБ-2.

Рама состоит из четырех конструкционных блоков металлоконструкций: 1 – двутавровая балка коробчатого типа; 2 – поперечная конструкция рамы (поддерживающий лафет) приемно – погрузного стола; 3 –

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам.име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

платформа основание редуктора привода ходовой части и привода маслостанции, рисунок 2.

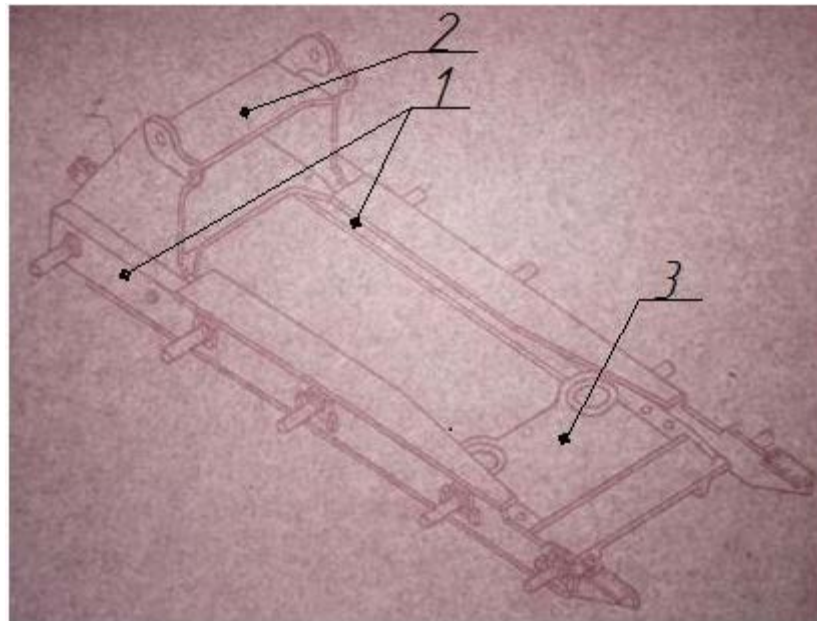


Рисунок 2- Эскиз рамы машины ПНБ-2

До конца 90-х годов, машина использовалась только для погрузки горной массы, но в дальнейшем было принято решение перепроектировать использование машины, в дополнение, как горнопроходческого комплекса, и добавился еще один элемент конструкции – буровая каретка.

Ниже на (рисунке 3) представлен объект проекта – двутавровая балка коробчатого типа. То есть добавилась нагрузка на раму, вследствие чего «РАМА» нуждалась в упрочнении, и марка стали была изменена на другую с Ст3 на 16ГС.

Сталь 16ГС обладает более высокими механическими свойствами.

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

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



Рисунок 3 – Составной элемент рамы - двутавровая балка

### 1.1 Свойства сталей

Сталь 16ГС

Заменитель сталь 17ГС,15ГС,20Г2С,20ГС,18Г2С.

Вид поставки лист толстый - ГОСТ 19282-73, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 19903 – 74. Лист тонкий ГОСТ 17066-80, ГОСТ 19903-74, ГОСТ 19904 – 74. Полоса ГОСТ 82-70.

Назначение – фланцы корпуса и другие детали, работающие при температуре от -40 до 475 °С под давлением, элементы сварных металлоконструкций работающие при температуре -70°С.

Таблица 1 - Температура критических точек, ° С. [6]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Ar <sub>c</sub> <sub>m</sub> )	Ar <sub>1</sub>
736-745	920-927	791-820	641-735

Химические свойства стали 16ГС представлены в таблице 2

Таблица 2 - Химический состав, % (ГОСТ 19282 – 73) [6]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
не более						не более			
0,12-0,18	0,44 - 0,7	0,9-1,2	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

Име. № дубл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Подп. и дата
Име. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						10

Механические свойства стали представлены в таблице 3

Таблица 3 – Механические свойства [6]

ГОСТ	состояние поставки	сечение в мм.	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\delta_5(\delta_4)(\%)$
19282-73	Листы и полосы (образцы поперечные)	до 5 вкл.	325	490	21
		от 5 до 10 вкл.	325	490	
		от 10 до 20 вкл.	315	480	
		Св.20 до 32 вкл.	295	470	
		Св.32 до 60 вкл.	285	460	
		Св 60 до 100 вкл.	275	450	
17066-80	Листы горячекатаные	От 2 до 3,9 вкл.	-	400	17

Таблица 4 – Ударная вязкость при отрицательных температурах КСУ, Дж/мм<sup>2</sup> ГОСТ 19282-73 [6]

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	Температура, °C		
			+20	-40	-70
19282-73	Листы и полосы (образцы поперечные)	От 5 до 10	59		39
		От 10 до 100 вкл.	59		29

Таблица 5 – Предел  $\sigma_{0,2}$  Мпа ГОСТ 5520-79 [6]

Температура испытания °C					
200	250	300	350	400	450
245	225	195	175	155	140

$\sigma_{1/10000}^{400}=157$  Мпа;  $\sigma_{1/100000}^{400}=108$  Мпа;  $\sigma_{1/10000}^{500}=39$  Мпа;  $\sigma_{1/100000}^{500}=24$  Мпа;  $\sigma_{10000}^{400}=245$  Мпа;  $\sigma_{100000}^{400}=167$  Мпа;  $\sigma_{10000}^{500}=69$  Мпа;  $\sigma_{100000}^{500}=39$  Мпа

Таблица 6 – Механические свойства при повышенных температурах [6]

Температура, °C	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ Дж/см <sup>2</sup>
Листы толщиной 26 мм, прокатанные (образцы поперечные)					
20	-	490	27	51	
200	230	420	-	52	
300	225	450	29	48	
400	215	410	-	64	
500	175	305	31	68	
550	135	255	37	68	
Листы толщиной 4-160 мм. Нормализация 950 °C охлаждение со скоростью 80-100 град./ч отпуск 600-700 °C выдержка 5 часов, охлаждение со скоростью 50 град./ч, ( образцы поперечные)					
20	245-295	470-500	27-38	51-72	59-196

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

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

Окончание таблицы 6

200 250	175-255 -	420-450 -	24-31 -	52-74 -	206-343 245-304
300 350 400 500 550 600	195-225 175-225 175-215 145-195 135 110-125	300-480 450-480 400-430 255-345 255 155-175	22-29 25-31 27-34 31-38 37 38-46	48-70 66-71 64-76 68-85 68 82-90	206-314 127-235 118-157 - 118-157 118-157

Технологические свойства

Температураковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой.

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

1.2 Расчет стали 16ГС на свариваемость

Таблица 7 – Свариваемость сталей при содержании углерода в % [6]

Группа	Свариваемость сталей	Эквивалент углерода С, %	Технологические меры			
			Подогрев		термообработка	
			Перед сваркой	Во время сварки	Перед сваркой	после сварки
1	Хорошая	< 0,2	-	-	-	желателен
2	удовлетворительная	0,2 - 0,35	необходим	-	желательн о	необходи м
3	ограниченная	0,35 - 0,45	необходим	желателен	необходи м	необходи м
4	плохая	> 0,45	необходим	необходи м	необходи м	необходи м

Чтобы определить свариваемость стали, необходимо произвести расчет эквивалентного содержания углерода по формуле (1):

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

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \% ; \quad (1)$$

где: С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,15 + \frac{0,1}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{40} + \frac{0,30}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0,035}{2} \% =$$

$$0,15 + 0,016 + 0,02 + 0,06 + 0,0075 + 0,023 + 0,0175 = 0,29 \%$$

Из расчета видно что эквивалентное содержание углерода указывает на удовлетворительную свариваемость стали. Так, показатель свариваемости является переходным для состояния свариваемости (удовлетворительной и ограниченной), нужно рассчитать температуру подогрева перед сваркой, по формуле (3)

Прежде рассчитаем общий эквивалент углерода по формуле (2)

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{ЭКВ}} \times (1 + 0,005 \times \delta) ; \quad (2)$$

где  $C_{\text{ЭКВ}}$  - эквивалентное содержание углерода в (%)  $\delta$ - толщина свариваемого металла, мм.

$$C_{\text{общ}} = 0,29 \times (1 + 0,005 \times 32) = 0,33 \%$$

$$T_{\text{п.п}} = 350 \times (C_{\text{общ}} - 0,25)^{0,5} ; \quad (3)$$

$$T_{\text{п.п}} = 350 \times (0,33 - 0,25)^{0,5} = 98^{\circ}\text{C} ;$$

где:  $T_{\text{п.п}}$  – температура подогрева стали перед сваркой;  $C_{\text{общ}}$  – общий углеродный эквивалент.

Вывод: Сталь ГС 16 сваривается с подогревом. Температура подогрева  $100^{\circ}\text{C}$ .

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. име. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Лист
ДП 44.03.04. 137 ПЗ						

В конструкции балки при сварке применяется еще одна марка стали из которой изготавливаются втулки осей балансиров.

Сталь марки 09Г2 химический состав, механические и технологические свойства стали по ГОСТ 2590-71.

Вид поставки сортовой прокат в том числе и фасонный.

Назначение – стойки ферм, верхние обвязки вагонов, хребтовые балки, двутавры и другие детали вагоностроение, детали экскаваторов, элементы сварных металлоконструкций, и другие детали работающие при температуре от -40 до +450 °С

Таблица 8 – Температура критических точек, °С [6]

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub> (Ac <sub>m</sub> )	Ar <sub>3</sub> (Ar <sub>c<sub>m</sub></sub> )	Ar <sub>1</sub>	M <sub>n</sub>
720	830	710	620	320

Таблица 9 – Химический состав стали 09Г2 [6]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	N	As
не более						не более			
до 0,12	0,17-0,37	1,4-1,8	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040	0,008	0,08

Таблица 10 – Механические свойства [6]

ГОСТ	состояние поставки	сечение в мм.	σ <sub>0,2</sub> (МПа)	σв(МПа)	δ <sub>5</sub> (δ <sub>4</sub> )(%)
19282-73	Сортовой и фасонный прокат	До 100 вкл.	305	440	21

Таблица 11- Механические свойства в зависимости от температуры отпуска

Температура отпуска °С	σ <sub>0,2</sub>	σв	δ <sub>5</sub>	ψ	НВ	КСУ Дж/см <sup>2</sup>
	МПа		%			
200	780	930	12	40	327	59
300	690	880	14	50	325	-
400	620	750	19	60	260	98
500	590	690	21	65	225	127
600	570	670	22	65	200	186
700	380	640	-	-	80	167

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

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

Таблица 12 – Ударная вязкость при отрицательных температурах КСУ, Дж/мм<sup>2</sup> ГОСТ 19282-73 [6]

ГОСТ	Состояние поставки	Сечение, мм	Температура, °С	
			-40	-70
19281-73	Сортовой и фасонный прокат	5 до 10 10 до 20 вкл. Св 20 до 100 вкл	KCV	
			39	29
			29	29
			29	-

Таблица 13 - Предел выносливости ГОСТ 19282-73 [6]

σ-1 Мпа	τ-1 Мпа	Состояние стали
235	137	Сечение 4-32 мм в состоянии поставки
274	167	Сечение 10-20 мм после улучшения

### Технологические свойства

Температура ковки, °С: начала 1200, конца 850.

Свариваемость – сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС под флюсом и газовой защитой. ЭШС

Склонность к отпускной хрупкости – не склонна.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

### 1.3 Оценка свариваемости стали 09Г2

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \% ; \quad (1)$$

$$C_{\text{экв}} = 0,09 + \frac{1,6}{6} + \frac{0,25}{24} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{40} + \frac{0,30}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0,035}{2} \% =$$

$$0,09 + 0,062 + 0,06 + 0,075 + 0,025\% + 0 + 0,0175 = 0,33 \%$$

Данное значение показывает что свариваемость стали удовлетворительная, сварка может производиться с подогревом.

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{экв}} \times (1 + 0,005 \times \delta) ; \quad (2)$$

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

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



$$C_{\text{общ}} = 0,33 \times (1 + 0,005 \times 20) = 0,36$$

Определим температуру подогрева по формуле (3)

$$T_{\text{п.п}} = 350 \times (C_{\text{общ}} - 0,25)^{0,5}; \quad (3)$$

где:  $T_{\text{п.п}}$  – температура подогрева;  $C_{\text{общ}}$  – общий эквивалент углерода.

$$T_{\text{п.п}} = 350 \times (0,36 - 0,25)^{0,5} = 115 \text{ } ^\circ\text{C};$$

1.4 Расчетно-статистический показатель склонности к горячим трещинам стали 16ГС по показателю Уилкинсона

Расчет произведем по формуле (4) для низколегированной стали, низкоуглеродистой стали.

$$HCS = \frac{C \cdot \left( S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) \cdot 1000}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V}, \quad (4)$$

Делаем расчет

$$HCS = \frac{0,15 \cdot \left( 0,040 + 0,035 + \frac{0,5}{25} + \frac{0,30}{100} \right) \cdot 1000}{3 \cdot 1,0 + 0,30 + 0 + 0} = \frac{14,7}{3,3} = 4,45$$

Вывод: У стали 16ГС  $\sigma_{\text{в}} < 700$  МПа, а  $HCS > 4$ , значит сталь 16ГС склонна к образованию горячих трещин.

Следующий утвердительный расчет на образование холодных трещин.

1.5 Расчет холодного трещинообразования стали 16ГС по параметрам в уравнении Ито - Бессио можно сделать по формуле (5)

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						16

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{15} + 5B ; \quad (5)$$

$$P_{cm} = 0,15 + \frac{0,5}{30} + \frac{1,0}{20} + \frac{0,3}{20} + \frac{0,3}{60} + \frac{0,3}{20} + \frac{0}{15} + \frac{0}{15} + 5 * 0 = 0,231$$

На образование металла шва действуют три основных фактора (хим. состав, газонасыщенность, особенности конструкции), способствующих образованию холодных трещин, был выявлен критерий для оценки чувствительности сталей к образованию подобных трещин - критерий трещинообразования ( $P_w$ ). Расчет по формуле (6)

$$P_w = P_{cm} + \frac{H}{60} + \frac{K}{(40 * 104)} ; \quad (6)$$

где  $H$  - количество диффузионного водорода в металле сварного шва;

$K$  - коэффициент интенсивности жесткости равный - (0.93) и находится по формуле [2., с.136] (7).

$$K = K_0 * S_m ; \quad (7)$$

где:  $K_0$ -константа равная 0.69;  $S_m$ -толщина листа мм.

$$K = 0,69 * 32 = 22,08$$

Делаем расчет

$$P_w = 0,231 + \frac{0,93}{60} + \frac{K_0 * S_m}{(40 * 104)} = 0,231 + \frac{0,93}{60} + \frac{22,08}{40 * 104} = 0,241 \%$$

$$P_w = 0,241 < 0,286$$

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

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

Вывод: Сталь 16ГС несклонна к образованию холодных трещин, но подогрев стали перед сваркой будем производить, до температуры 100 °С.

1.6 Расчетно-статистический показатель склонности к горячим трещинам стали 09Г2 по показателю Уилкинсона

Расчет произведем по формуле (4) для низколегированной стали, низкоуглеродистой стали.

$$HCS = \frac{0,09 * (0,040 + 0,035 + \frac{0,2}{25} + \frac{0,30}{100}) * 1000}{3 * 1,6 + 0,30 + 0 + 0} = \frac{6,75}{5,1} = 1,323$$

Вывод: Из полученного расчета понято, что сталь 09Г2 при значениях  $\sigma_{в} < 700$  МПа и  $HCS < 4$ , несклонна к образованию горячих трещин.

Можно также произвести расчет холодного трещинообразования по параметрам уравнения Ито – Бессио формулы (5) для стали 09Г2

$$P_{cm} = 0,09 + \frac{0,2}{30} + \frac{1,6}{20} + \frac{0,3}{20} + \frac{0,3}{60} + \frac{0,3}{20} + \frac{0}{15} + \frac{0}{15} + 5 * 0 = 0,197$$

Так же сделаем расчет критерия трещинообразования формулы (6) через формулу (7)

$$K = 0,69 * 16 = 11,04$$

сделаем расчет

$$P_w = 0,197 + \frac{0,93}{60} + \frac{K_0 * S_m}{(40 * 104)} = 0,197 + \frac{0,93}{60} + \frac{11,04}{40 * 104} = 0,214 \%$$

$$P_w = 0,214 < 0,286;$$

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

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

Вывод: Сталь 09Г2 несклонна к образованию холодных трещин, но подогрев стали перед сваркой будем производить, до температуры 110 °С, это будет общая температура подогрева для обеих марок стали 16ГС и 09Г2

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	Лист
	Подп. и дата								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ				19
									Лист

## 2 Теория технологии сварки выбранного класса стали

Класс данных марок стали относится к низкоуглеродистым, низколегированным для сварных конструкций.

Основные типы и конструктивные элементы сварных швов для ручной электродуговой сварки углеродистых и низкоуглеродистых сталей установлены ГОСТ 5264-80, а для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом ГОСТ 8713 – 70 и в среде углекислого газа ГОСТ 14771-76.

Все сварные швы делятся на ряд типов в зависимости от вида соединения, в котором они применимы. По этому признаку основные типы сварных швов делятся на четыре группы:

швы стыковых соединений, швы тавровых соединений, швы угловых соединений (впритык) и швы нахлесточных соединений.

При обычных режимах ручной дуговой сварки в нижнем положении можно обеспечить провар до 2-6 мм, а при автоматической сварке на высоких режимах можно проварить толщину больше на 12 – 16 мм, но в этом случае формируется неблагоприятная форма сечения шва. Чтобы избежать непровара для стандартного формирования шва при ручной и автоматической сварке, можно применить скос кромок.

Швы различают по ряду других признаков.

1. По форме наружной поверхности швы могут быть: плоские (нормальные без усиления) и выпуклые (усиленные), а угловые швы могут быть еще вогнутыми или ослабленными, так же выпуклыми.
2. По расположению швов в пространстве т.е. расположение горелки или электрода к шву: нижние выполненные горизонтально, на горизонтальной плоскости; вертикальные – выполняемые вертикально на вертикальной плоскости с низу вверх, и сверху вниз; горизонтальные – выполняемые по горизонтали на вертикальной плоскости; потолочные – при расположении сварщиком под изделием и сваркой по потолку.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Подп. и дата

Име. № дубл.

Взам.име. №

Подп. и дата

Име. № подл.

3. По протяженности швы бывают сплошные и прерывистые. Прерывистые швы применяются в тех случаях, когда в соединениях не требуется герметичность и сплошные швы минимального размера являются слабонагруженными. Для предварительного соединения деталей также применяют прихватки. По длине они могут быть от нескольких миллиметров до 3-4 см в зависимости от толщины закрепляемых деталей: чем толще детали тем они длиннее.
4. По количеству слоевых проходов швы различают однослойные и многослойные (многопроходные).

### 2.1 Анализ существующего способа сварки выбранной металлоконструкции (базовый вариант)

К данному виду металлоконструкции можно применить механизированную электродугую сварку в среде защитного газа по ГОСТ 14771-76.

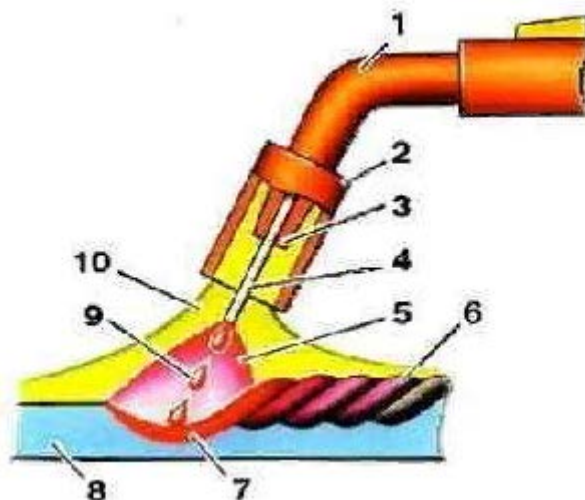
Произведем анализ данного способа сварки выбранной металлоконструкции.

Этот способ сварки представляет собой непрерывную механизированную подачу электродной проволоки обволоченную защитным газом в зону сплавления (сварочную ванну), где происходит формирование сварочного шва.

Газ при этом является защитой сварочной ванны от воздействия вредных факторов атмосферы - кислорода и азота воздуха. Процесс сварки показан на рисунке 4.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						21



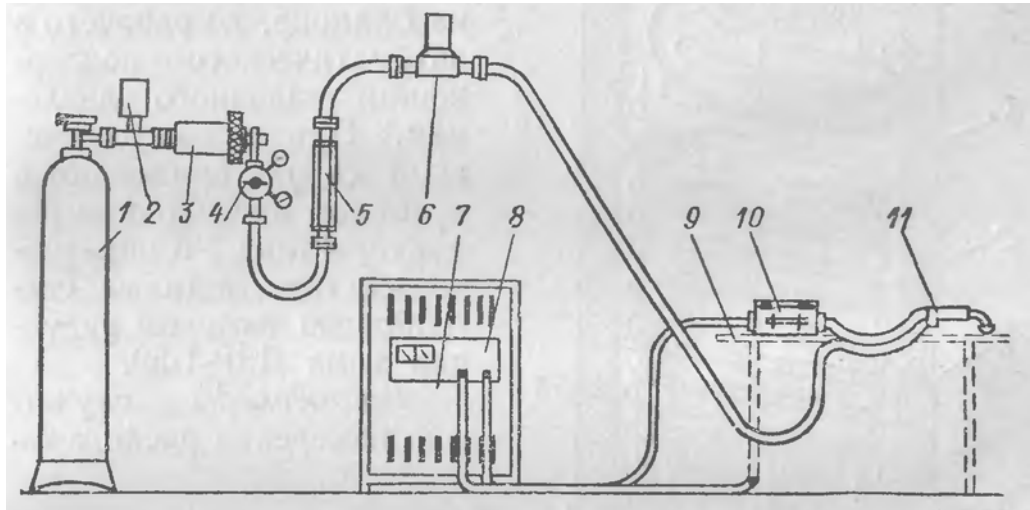
1 – горелка; 2 – сопло; 3 – токопроводящий наконечник; 4 – сварочная проволока; 5 – сварочная дуга; 6 – сварной шов; 7 – сварочная ванна; 8 – свариваемый металл; 9 – капли электродного металла; 10 – газовая защита.

Рисунок 4 – Схема процесса сварки в защитной среде газа

Сварку в среде защитного газа производят на постоянном токе обратной полярности. Это объясняется тем, что при сварке на прямой полярности происходит сильное разбрызгивание присадочного металла, даже при сварке на малых токах. Это приводит к уменьшению глубины провара. Коэффициент плавления электродной проволоки в полтора раза меньше чем при сварке на прямой полярности, это преимущество не удается использовать, так как при сварке на прямой полярности, ширина шва, значительно меньше, а высота выпуклости больше чем при сварке на обратной полярности. Сварка на прямой полярности так же характеризуется увеличением окисления элементов и повышению к склонности образования пор. Но в некоторых случаях при сварке угловых швов, в соединениях впритык, а так же при сварке многопроходных швов применяют прямую полярность.

Пост для сварки в среде защитного газа очень многообразен и включает в себя большое количество вспомогательного оборудования (рисунке 5 ).

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



1 – баллон с газом; 2 – подогреватель; 3 – осушитель; 4 – редуктор; 5 – расходомер; 6 – газозащитный клапан; 7 – источник питания; 8 – пульт управления; 9 – устройство для размещения и закрепления деталей; 10 – механизм подачи сварочной проволоки; 11 – газозащитная горелка.

Рисунок 5 – Схема поста для сварки в среде защитного газа

## 2.2 Выбор способа сварки

Сварка балки двутавровой, коробчатого типа может производиться любым видом сварки кроме электрошлаковой, это обусловлено конструктивными особенностями самой балки.

### Ручная дуговая сварка ГОСТ 5264-80.

Может быть применена для изготовления данной конструкции.

Достоинства:

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами очень удобна и проста сварку можно использовать во всех пространственных положениях. Так же можно легко подобрать сварочные материалы типа УОНИ 13/55 с основным покрытием.

Недостатки:

При проектировании технологического процесса, важно учесть толщину разрабатываемой стали, что немаловажно при дополнительной обработке

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



заготовительного производства, и соответственно углубленная подготовка свариваемым кромок. При сборке возможно потребуется использование дополнительной сборочной оснастки, при сварке ручным способом наложение валиков для образования единого металла шва, будет производиться во много слоев, что может повлечь за собой сильный нагрев свариваемых заготовок, и сосредоточение сварочных и остаточных напряжений приводящих к деформации металла в горячем виде. Скорость сварки маленькая, соответственно и низкая производительность.

Сварка под флюсом ГОСТ 11533 – 75.

Достоинства способа сварки:

Стабильность состава и свойство металла по всей длине шва. Более надежная защита зоны сварки легирующих компонентов от воздействия кислорода воздуха. Хорошее формирование поверхности швов с мелкой чешуйчатостью и плавным переходом к основному металлу, отсутствие брызг на поверхности изделия.

Уменьшение трудоёмкости подготовительных работ. Уменьшение потерь на угар и разбрызгивание. Снижение расхода дорогостоящей проволоки, возможность использования проволоки большего диаметра. Стабильность процесса, небольшие потери на угар и разбрызгивание. Высокая производительность. Отсутствие угара легирующих компонентов.

Недостатки:

Сварка может производиться только в нижнем положении для стабильного удержания флюса от потери, для этого возможно использования только однотипного сборочно - сварочного оборудования (кантователи). Недостаточная маневренность сварочных автоматов из за конструктивных особенностей, затруднено применение в монтажных условиях.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						24

76.

Сварка неплавящимся электродом (также сварка в защитных газах неплавящимся электродом) — это разновидность сварки, в которой источником теплоты выступает дуговой разряд, возникающий между вольфрамовым или графитовым электродом и изделием. Этот тип является разновидностью методов дуговой сварки плавлением. Данная технология используется в основном для обработки алюминия, магния и их сплавов, а также прочих неферромагнитных металлов (например, нержавеющей стали, бронзы, меди, циркония, никеля).

Достоинство сварки:

Главная особенность сварки высоколегированных сталей - минимизация погонной энергии, вводимой в основной металл. Это достигается соблюдением следующих условий:

Сварка во всех пространственных положениях;

Короткая сварочная дуга;

Сварка с перерывом, без повторного нагрева одного и того же участка;

Минимально возможные токовые режимы.

Возможность сварки стали не большой толщины без присадки, с присадкой.

Недостаток сварки:

1. При работе на улице создается нежелательное условие для выдува защитного газа из зоны сварки. Для борьбы с этим явлением используют заграждения или увеличивают подачу газа, что приводит к увеличению его расхода;

2. Относительно качественная подготовка металлов перед сваркой;

3. Неудобство при работе под острым углом из-за особенностей конструкции горелки;

4. Необходимость зачистки места розжига вне зоны сварки.

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

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

5. При автоматической сварке ограниченный доступ к сварным соединениям из за их конструктивных особенностей (ребра жесткости, перегородки).

Сварка плавящимся электродом в защитном газе ГОСТ 14771-76.

Достоинство сварки:

Высокая производительность и высокое качество сварного шва. Высокая производительность объясняется отсутствием потерь времени на смену электрода, а также тем, что этот способ позволяет использовать высокий ток сварки, низкое тепловложение, особенно при сварке короткой дугой (при сварке с короткими замыканиями), что делает этот способ наиболее подходящим для сварки листового металла. Стабильная скорость подачи сварочной проволоки; стабильность горения дуги. Сварка во всех пространственных положениях.

Недостатки сварки:

Разбрызгивание металла

Сложность выбора оборудования и сварочных режимов для сварки тонколистовых сталей.

Неприменима для работы на открытом воздухе.

Вывод: Для сварки конструкции стали я выбираю сварку по ГОСТ 8713-79 – сварка под флюсом. Данный вид сварки имеют более высокие показатели для сварных швов, такие как коэффициент проплавления 25-30 Г/(А×Ч), при глубоком проплавлении возможность сварки без обработки скоса кромок стальных заготовок больших толщин.

Ине. № дубл.	Ине. № инв. №	Подп. и дата	Подп. и дата	Ине. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						26

## 2.3 Выбор сварочных материалов

В составе металлоконструкции используются две марки стали 1- 09Г2; 2 – 16 ГС, особенно при сварке базовой пластины со втулками. Остальная завершающая сборка и сварка ограничивается только одной маркой стали 16ГС. Необходимо определить фазовые структуры этих сталей путем расчета на никелевый и хромовый эквиваленты по формулам (8) и (9)

$$Cr_3 = Cr + Mo + 1,5Si + 2Al + 2Ti + Nb + W + 0,5V ; \quad (8)$$

$$Ni_3 = Ni + 30C + 30N + 12B + Co + 0,5Mn ; \quad (9)$$

где: Cr, Mo, Si, Al, Ti, Nb, W, V

Ni, C, N, B, Co, Mn – массовые доли компонентов в металле шва в %;

Для стали 16ГС

$$Cr_3 = 0,30 + 0 + 1,5 \times 0,6 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 0 + 0 + 0 = 1,2 \%$$

$$Ni_3 = 0,30 + 30 \times 0,16 + 30 \times 0,008 + 0 + 0,5 \times 1,1 = 5,89\%$$

Для стали 09Г2

$$Cr_3 = 0,30 + 0 + 1,5 \times 0,25 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 0 + 0 + 0 = 0,675 \%$$

$$Ni_3 = 0,30 + 30 \times 0,11 + 30 \times 0,008 + 0 + 0,5 \times 1,6 = 4,64 \%$$

На диаграмме видно что структура сталей 16ГС и 09Г2 одинаковая и имеют фазу низкотемпературного феррита с мартенситной составляющей в структуре металла.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Для стали 16ГС	$Cr_3 = 0,30 + 0 + 1,5 \times 0,6 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 0 + 0 + 0 = 1,2 \%$ $Ni_3 = 0,30 + 30 \times 0,16 + 30 \times 0,008 + 0 + 0,5 \times 1,1 = 5,89\%$	Для стали 09Г2	$Cr_3 = 0,30 + 0 + 1,5 \times 0,25 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 0 + 0 + 0 = 0,675 \%$ $Ni_3 = 0,30 + 30 \times 0,11 + 30 \times 0,008 + 0 + 0,5 \times 1,6 = 4,64 \%$	На диаграмме видно что структура сталей 16ГС и 09Г2 одинаковая и имеют фазу низкотемпературного феррита с мартенситной составляющей в структуре металла.

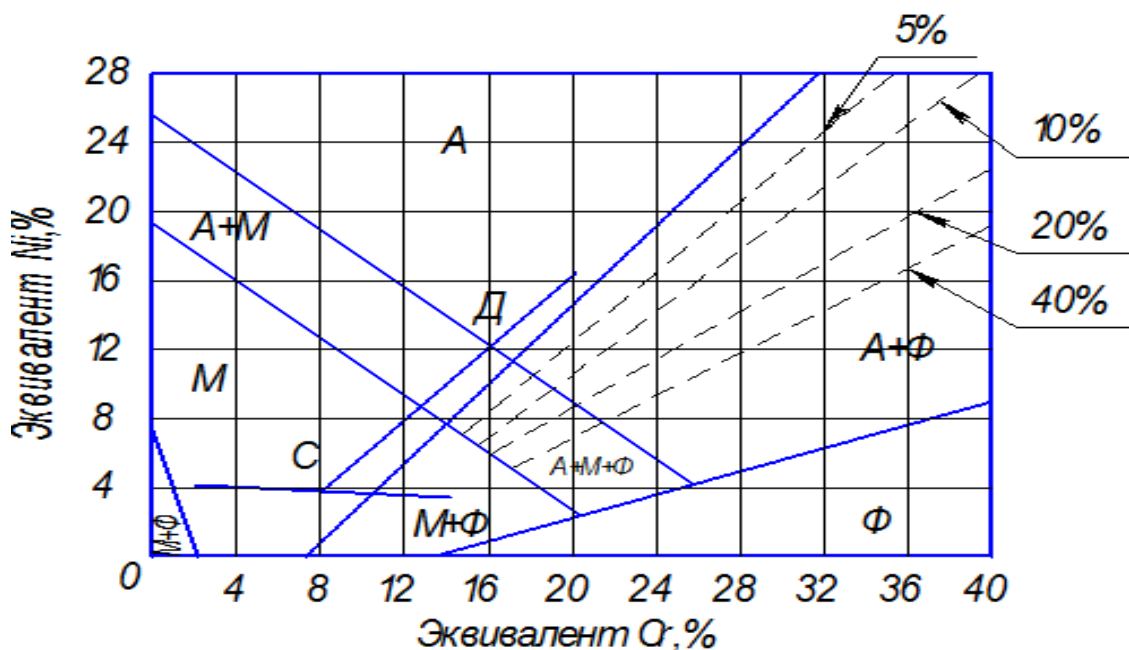


Рисунок 6 - Структурная диаграмма сварных швов по (Шеффлеру)

Но из расчетов на образование горячих трещин сталь 16ГС склонна к такому образованию, поэтому при выборе сварочных материалов следует выбрать, плавильный марганцевый высококремнистый флюс, и низкоуглеродистую или марганцевую проволоку. Потому как, повышенное легирование металла шва марганцем исключает отрицательное влияние вредной примеси – серы, и благоприятно предотвращает образование горячих трещин.

Выбор флюсов регламентируется ГОСТ 9087-81.

Для сварки проектируемой конструкции следует выбрать флюс АН- 348АМ с размерами зерна 0,25 мм. Состав шихты флюса представлен в таблице 14.

Таблица 14 – состав шихты флюса АН- 348АМ ГОСТ 9087-81 [4 ]

Марка флюса	Массовое содержание компонентов в %									
	SiO <sub>2</sub>	Mn	CaF <sub>2</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
АН-348АМ	41,0-44,0	34,0-38,0	3,5-4,5	5,0-7,5	До 6,5	До 4,5	-	До 2,0	До 0,15	До 0,12

Флюс АН- 348АМ чувствителен к коррозии, но выделяет меньше вредных фтористых газов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Выбор сварочной проволоки совместно с выбором флюса, целесообразно выбрать с низким % содержанием углерода, с повышенным % содержанием марганца и более высокими механическими свойствами по сравнению со свариваемым металлом. Рекомендуется выбрать 08Г2С (хим. св-ва таблица 15, мех свойства таблица 16).

Таблица 15- Химический состав проволоки 08Г2С ГОСТ 2246-70 [4 ]

С	Мп	S не более	Cr не более	Ni не более	Mo	Ti	V	S	P
0,09-0,11	1,80-2.10	0,70-0,95	0,20	0,25	-	-	-	0,025	0,035

Таблица 16 – Механические свойства металла шва проволоки 08Г2С ГОСТ 9467-75 [4 ]

Марка	$\sigma_{0,2}$ (МПа)		$\sigma_B$ (МПа)		$\delta_5$		КСУ Дж/мм <sup>2</sup>	
	Нормативный	Типичный	Нормативный	Типичный	Нормативный	типичный	Нормативный	Типичный
08Г2С	490-660	580	375	475	$\geq 22$	25	$\geq 47(-20^\circ\text{C})$	50

Так как в конструкции базовой пластины с отверстиями применяется две марки стали, то в этом случае необходимо определить состав металла шва, от которого зависят технологическая и эксплуатационная прочность шва.

Состав металла шва в пределах одного слоя является полностью однородным. Поэтому в расчётах химического состава слоя или шва учитывается доля участия основного металла шва по формуле (10).

$$[\text{Э}]_{\text{ш}} = [\text{Э}]_{\text{ом}} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [\text{Э}]_{\text{з}}; \quad (10)$$

где

$[\text{Э}]_{\text{ш}}$  – содержание элемента в шве или проходе, %;

$[\text{Э}]_{\text{ом}}$  – содержание элемента в основном металле, %;

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

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

$[Э]_э$  – содержание элемента в электроде %

$\gamma_0$  – доля участия основного металла в металле шва, дуговой сварки в  $CO_2$  0,54.

Расчеты  $Э_{iосн.}$ ,  $Э_{iэл.}$ ,  $Э$  м.с ведутся по формулам (11),(12),(13).

$$Э_{iосн.} = [Э]_{ом} \cdot \gamma_0; \quad (10)$$

$$Э_{iэл.} = (1 - \gamma_0) \cdot [Э]_э; \quad (11)$$

$$Э \text{ м.с} = Э_{iосн.} + Э_{iэл.} \quad (12)$$

Результаты расчета  $Э_{iосн.}$ ,  $Э_{iэл.}$ ,  $Э$  м.с представлены в таблице 15.

Таблица 17- Результаты расчета по химическому составу сварного шва

Марка	C	Si	Mn	S	P	Cr	Al	Cu	Ni	Mo
Сталь 09Г2	0,09	0,17	1,4	0,040	0,035	0,30	0	0,30	0	0
Сталь 16ГС	0,12-	0,44	0,9	0,040	0,035	0,30	-	0,30	0,30	-
$Э_{iэл.}$ 08Г2С	0,03	0,70	1,80	0,025	0,030	0,20	-	-	0,25	-
$Э_{iосн.}$	0,21	0,64	2,5	0,080	0,070	0,6	-	0,6	0,55	-
$Э$ м.с	0,24	0,34	4,3	0,15	0,1	0,8	-	0,6	0	0

Химический состав структуры шва можно рассчитать по формулам эквивалентного содержания хрома (8) и никеля (9).

$$Cr_э = Cr + Mo + 1,5Si + 2Al + 2Ti + Nb + W + 0,5V; \quad (8)$$

$$Ni_э = Ni + 30C + 30N + 12B + Co + 0,5Mn;$$

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

$$Cr_3 = 0,30 + 0 + 1,5 \times 0,34 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 0 + 0 + 0 = 0,81 \%$$

$$Ni_3 = 0,30 + 30 \times 0,24 + 30 \times 0,016 + 0 + 0 + 0,5 \times 4,3 = 12,83 \%$$

На диаграмме Шеффлера (рис.6) структура металла шва находится в области мартенсита. Но мартенсит на этой структурной стадии имеет неустойчивое состояние и распадается на ферритно-цементитную составляющие в перлитной структуре шва.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата				Лист
	Подп. и дата						Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ						31



### 3 Сварочные режимы

#### 3.1 Режимы сварочного соединения втулки и базовой пластины

Произведем расчет для сварочного соединения втулки и базовой пластины (рис.7) для сварки по ГОСТ 16037-76 –автоматическая.

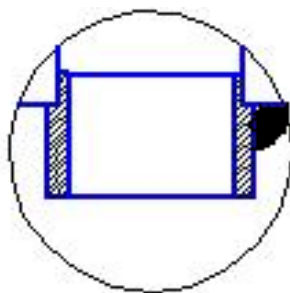


Рисунок 7- Сварное соединение Т1 по ГОСТ 14771-76

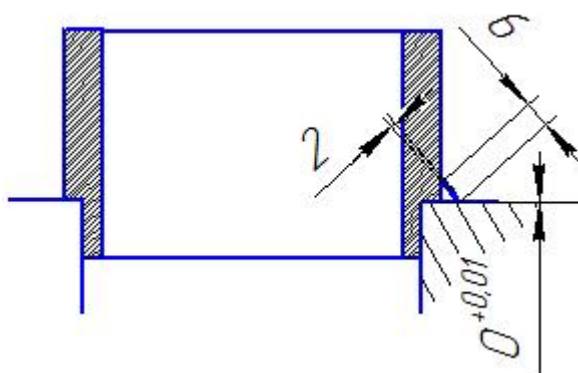


Рисунок 8 – Параметры сварного шва

Расчёт режима автоматической дуговой сварки произведем по площади наплавленного металла.

Сначала определим основные параметры режима  $d_{эп}$ ,  $I_{св}$ ,  $V_{св}$  (диаметр электродной проволоки, ток сварки, скорость сварки). Затем определим  $U_c$ ,  $I_b$ ,  $V_{э.п.}$ ,  $q_3.г.$ - напряжение на дуге сварки, вылет электрода, скорость подачи электродной проволоки, погонную энергию в защитном газе.

Так как имеется угловое соединение, в котором, толщина наименьшей стенки 10 мм, то примем катет исходя из формулы:

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

$$K \leq 1,2 S; \quad (13)$$

где  $S$  – толщина металл;  $k$ - катет шва

$$K \leq 1,2 \times 10 = 12; \quad K=6$$

Выберем величину катета равной 6, по условию формулы (13)

Следующим пунктом будет расчет глубины проплавления по формуле (14)

$$h_p = (0.7 \div 1.1) \times K; \quad (14)$$

где  $h_p$  - глубина проплавления;  $k$ - Катет шва;  $g$  – высота усиления шва.

$$h_p = 1.1 \times 6 = 6,6 \text{ мм}$$

Рассчитаем площадь наплавленного металла:

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05 \times k \times g; \quad (15)$$

где:  $k$  - катет шва ;  $e$  – ширина усиления шва.

$$F_H = \frac{6,6^2}{2} + 1,05 \times 6,6 \times 2 = \frac{43,56}{2} + 13,86 = 35,64 \text{ мм}^2$$

Очередным действием будет расчет диаметра электродной проволоки по формуле (15).

$$d_{э.п} = Kd \times F_H^{0,625} \quad (16)$$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

где  $d_{э.п}$  – диаметр электродной проволоки;  $K_d$  - Коэффициент выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации из таблицы (18).

Таблица 18 – значение коэффициента  $K_d$

Положение шва	сварка	
	автоматическая	механизированная
«Лодочка», нижнее	0,149...0,409	0,149...0,409
Вертикальное горизонтальное потолочное	0,184...0,503	0,184...0,326

$$d_{э.п} = 0,149 \times 35,64^{0,625} \text{ мм}^2 = 1,39 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки примем 1,2 мм при положении нижнее соединение тавровое, положение электрода наклонное.

Ток сварки определим по формуле (17)

$$I_{св} = \frac{hp}{K_n}, \quad (17)$$

где  $I_{св}$  – ток сварки (А);  $h_p$  - глубина проплавления мм;  
 $K_n$  – Коэффициент пропорциональности зависящий от положения электрода (для диаметра 0.6 мм равен 2.1)

$$I_{св} = \frac{6,6 \text{ мм} \times 100}{2,1} = 314 \text{ А}$$

Скорость сварки рассчитаем по формуле (18):

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \times I_{св}}{3600 \times \rho \times F_n}, \quad (18)$$

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

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

где  $V_{св}$  – скорость сварки;  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки;  $I_{св}$  - ток сварки  
 $\rho$  – плотность низколегированной стали равна  $7.8 \frac{гp}{см3}$ ;

$F_n$  - Площадь наплавленного металла.

Чтобы найти коэффициент наплавки необходимо вычислить коэффициент расплавления  $\alpha_p$ .

$$\alpha_p = 1.21 \times I_{св}^{0.32} \times L_э^{0.38} \times dэ^{(-0.64)}, \quad (19)$$

где  $L_э$  – Вылет электрода.

$$L_э = 10 \times dэ = 12 \text{ мм} \quad (20)$$

$$\alpha_p = 1.21 \times 314^{0.32} \times 12^{0.38} \times 1.2^{(-0.64)} = 1.21 \times 6.29 \times 2.57 \times 0.88 = 17.2$$

$$\alpha_n = \alpha_p \times (100 - \Psi_{п} / 100), \quad (21)$$

где  $\Psi_{п}$  – Коэффициент потерь на разбрызгивание угар легирующих компонентов.

Чтобы узнать коэффициент потерь на разбрызгивание найдем плотность тока по формуле (21).

$$J = \frac{4 \times I_c}{\pi d^2} \quad (22)$$

$$J = \frac{4 \times 314}{3.14 \times 1.2^2} = 278 \text{ А/мм}^2$$

Потери  $\Psi_{п} > 10 \%$  при значениях плотностей тока  $j = 120 - 280 \text{ А/мм}^2$ .

Выбрав коэффициент потерь 11%, найдем значение коэффициента наплавки.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						35



Расчет подачи проволоки произведем по формуле (25)

$$V_{п. п.} = 4 \frac{V_{св} \times F_{н} \times (1+0.01 \times \Psi_{п})}{\pi d^2}, \quad (27)$$

где  $V_{п. п.}$  - скорость подачи электродной проволоки,

$V_{св}$  – скорость сварки,

$F_{н}$  - площадь наплавленного металл,

$\Psi_{п}$  - коэффициент потерь на разбрызгивание угар легирующих КОМПОНЕНТОВ.

$$V_{п. п.} = 4 \frac{35 \times 35.6 \times (1+0.01 \times 11)}{3.14 \times 1.2^2} = 305 \text{ мм/ч} = 8 \text{ мм/с.} = 0,48 \text{ м/ мин}$$

Расчет расхода газа:

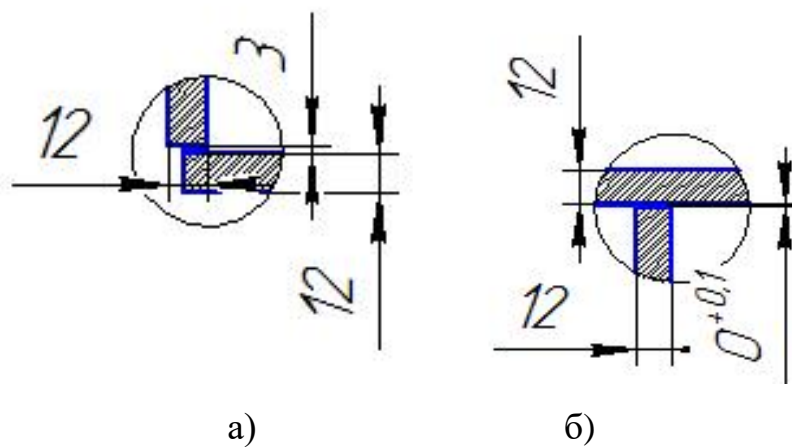
$$Q_{р.г.} = 0.2 \times I_{св}^{0.75} \quad (28)$$

где  $Q_{р.г.}$  – расход газа;  $I_{св}$  – Ток сварки.

$$Q_{р.г.} = 0.2 \times 314^{0.75} = 0.2 \times 74.5 = 14.9 \text{ л/мин} = 895 \text{ л/ч}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инв. № дубл.				
Взам. инв. №	Подп. и дата				37
	Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ

3.2 Расчет режимов механизированной сварки угловых и тавровых соединений.



а – У5 ГОСТ14771-76; б – ТЗ ГОСТ 14771-76

Рисунок 9 – Сварные соединения для механизированной в CO<sub>2</sub> сварки

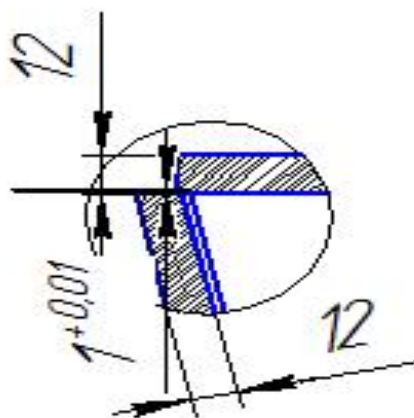


Рисунок 10 – сварное соединение У1 для механизированной сварки в CO<sub>2</sub> по ГОСТ 23518-79

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

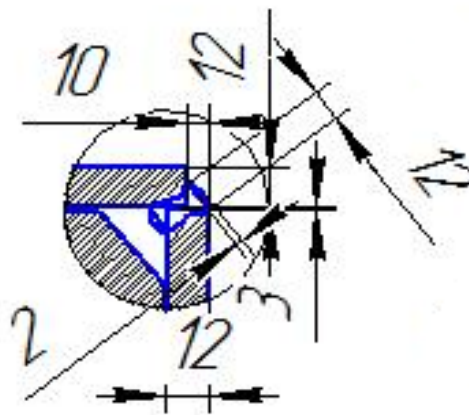


Рисунок 11 – параметры сварного шва механизированной сварки У5 ГОСТ 14771-76

Заданные значения параметров сварного шва.

$$S = 12; e = 12; K = 10; g = 2$$

Произведем расчет требуемой глубины проплавления (13).

$$h_p = 0.7 \times 10 = 7 \text{ мм.}$$

Рассчитаем диаметр электродной по формуле (27)

$$d_{э.п} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0.05 \times h_p, \quad (28)$$

где  $d_{э.п}$  – диаметр проволоки;  $h_p$  – глубина проплавления.

$$d_{э.п} = \sqrt[4]{7} \pm 0.05 \times 7 = 1,75 + 0,35 = 2,1 \text{ мм.}$$

Допустимое значение сварочной проволоки выбираем по таблице (19).

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

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



Таблица 19 Ограничение диаметра электродной проволоки при сварке в CO<sub>2</sub>

Положение шва	Диаметр электродной проволоки (мм) при сварке	
	Механизированная	автоматическая
«лодочка», нижнее	0,8...2	0,8...2,0 (4,0)
вертикальное	≤1,2...1,4	
горизонтальное	горизонтальное	-
потолочное	≤1,2	-

Диаметр электрода принимаем 2 мм.

Скорость сварки - скорость перемещения дуги  $V_C$  рассчитываем по зависимости, мм/с по формуле (29).

$$V_C = K_v \times \frac{hp^{1.61}}{e^{3.36}}, \quad (29)$$

где коэффициент  $K_v$  зависит от диаметра электродной проволоки;  
 $e$  – ширина усиления шва.

Значения  $K_v$ , полученные экспериментальным путем, приведены в таблице (20).

Таблица 20 – значение коэффициента  $K_v$

$d_{ЭП}$ , мм	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0
$K_v$	1030	1065	1060	1100	1120	1150

$$V_C = 1150 \times \frac{7^{1.61}}{12^{3.36}} = 1150 \times 22.9 / 4227.1 = 1150 \times 0.005 = 6.23 \text{ мм/с} = 6 \text{ мм/с} = 360 \text{ мм/мин} = 21.6 \text{ м / ч}$$

Приведенные значения сварочного тока  $I_C$  ограничиваются диаметром электродной проволоки, положением шва и уровнем автоматизации процесса по таблице 21.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						40

Таблица 21 – Ограничение сварного шва

Положение шва	Сила сварочного тока, А		
	Расчетная формула	Сварка	
		механизированная	автоматическая
«лодочка», нижнее	$I_{CB} \leq 180 \times d_3^{1.5}$	60...510	60...1440
Вертикальное	$I_{CB} \leq 135 \times d_3^{1.5}$	$\leq 220$	-
Горизонтальное потолочное	$I_{CB} \leq 135 \times d_3^{1.5}$	$\leq 180$	-

$$I_{CB} = 180 \times 2^{1.5} = 509 \text{ А}$$

Напряжение на сварочной дуге зависит в основном от сварочного тока, а также от диаметра и вылета электродной проволоки, положения шва и других факторов.

$$U_C = 14 + 0,05 \times I_C, \quad (30)$$

$$U_C = 14 + 0,05 \times 510 = 39.5 \text{ В} = 40 \text{ В}$$

Рассчитаем вылет электродной проволоки по формуле (20)

$$l_B = 10 \times 2 = 20 \text{ мм}$$

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки при сварке на обратной полярности:

$$V_{\text{эп}} = 0.53 \times \frac{I_{CB}}{d_{\text{э.п}}^2} + 6.94 \times 10^{-4} \times \frac{I_{CB}^2}{d_{\text{э.п}}^3}, \quad (31)$$

$$V_{\text{эп}} = 0.53 \times \frac{509}{2^2} + 6.94 \times 10^{-4} \times \frac{509^2}{2^3} = 0.53 \times 127.2 + 0.000694 \times 32385.1 = 89.9 \text{ мм/с}$$

Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ине. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
ДП 44.03.04. 137 ПЗ										41

По формуле (27) произведем расчет расхода газа:

$$Q_{p.r.} = 0.2 \times 509^{0.75} = 0.2 \times 107.1 = 21 \text{ л/мин} = 0,35 \text{ л/сек} = 12,6 \text{ л/час}$$

#### 4.3 Расчет режимов прихваток

Сечение прихваток выбираем с условием:

$$\frac{1}{3} F_H \leq F_{np} \leq F_H \frac{1}{2}, \quad (32)$$

Произведем расчет площади металла шва основного соединения по формуле (15)

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05 \times k \times g; \quad (15)$$

$$F_H = \frac{10^2}{2} + 1,05 \times 10 \times 2 = \frac{100}{2} + = 71 \text{ мм}^2$$

Из условия формулы (32) рассчитаем сначала левую часть выражения затем правую.

$$\frac{1}{3} F_H = 71 / 3 = 23.6 \text{ мм}^2;$$

$$F_H \frac{1}{2} = 71 / 2 = 35.5$$

Площадь прохода прихватки примем  $27 \text{ мм}^2$

$$23.6 \text{ мм}^2 \leq 27 \text{ мм}^2 \leq 35 \text{ мм}^2$$

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

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

Тогда в площади сечения металла шва уменьшим катет до 4 мм и размер усиления длины шва до 5 мм, ширина усиления шва до 0.5 мм, и при диаметре проволоки 2 мм рассчитаем глубину проплавления по формуле (13).  
 Параметры шва примут следующие значения:

$$S = 16; e = 5; K = 4; g = 0.5$$

$$h_p = 0.7 \times 4 = 3.2 \text{ мм}$$

Найдем скорость сварки по формуле (29):

$$V_C = K_v \times \frac{hp^{1.61}}{e^{3.36}},$$

$$V_C = 4 \times \frac{3.2^{1.61}}{5^{3.36}} = 3.35 \text{ мм/с} = 3 \text{ мм/с} = 10,8 \text{ м/ч}$$

Ток сварки подбираем из значения неравенства представленного в таб. 20

Ток для сварки прихваток выбираем в интервале 60 ...510 А принимаем  
 $I_{св.пр} = 350 \text{ А.}$

Напряжение дуги сварки рассчитаем по формуле (30)

$$U_C = 14 + 0,05 \times 350 = 32 \text{ в}$$

Скорость подачи электродной проволоки рассчитаем по формуле (31)

$$V_{эп} = 0.53 \times \frac{350}{2^2} + 6.94 \times 10^{-4} \times \frac{350^2}{2^3} = 0.53 \times 87.5 + 0.000694 \times 15312.5 = 46.3 + 10.6 = 56.9 \text{ мм/с}$$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ

Лист
43

По формуле (27) произведем расчет расхода газа:

$$Q_{p.r.} = 0.2 \times 350^{0.75} = 0.2 \times 80.9 = 16.2 \text{ л/мин}$$

### 3.3 Расчет режимов сварки под флюсом

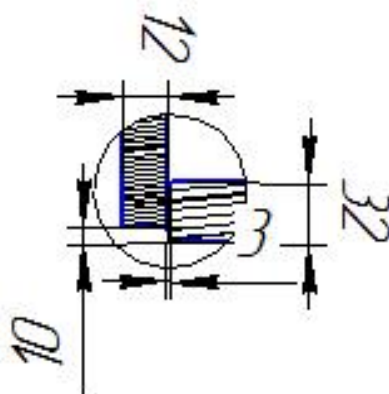


Рисунок 12 – соединение под сварку У5 по ГОСТ 8713 – 79

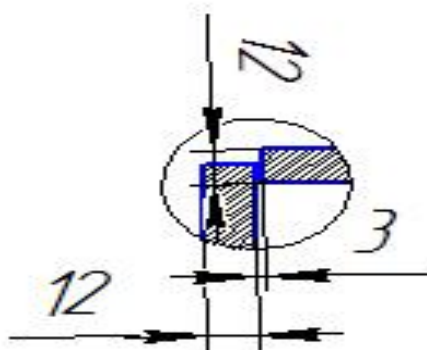


Рисунок 13 – соединение под сварку Н1 ГОСТ 8713 -79

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

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

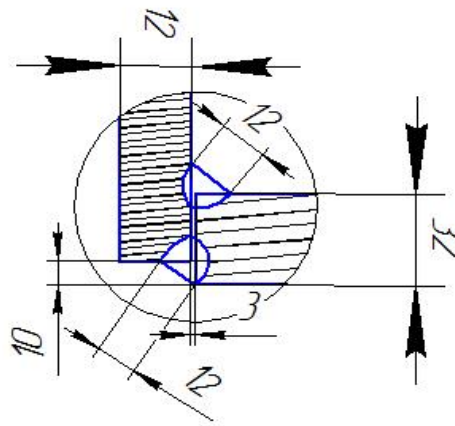


Рисунок 14 – Параметры сварных швов соединения У5

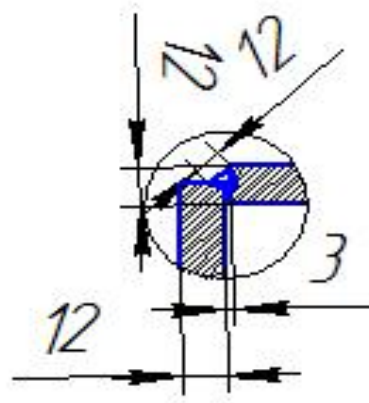


Рисунок 15 – Параметры сварного шва соединения Н1

Расчет режима сварки под флюсом произведем по площади наплавленного металла.

Параметры сварного шва:

$S=12$ ;  $K= 10$ .

Рассчитаем площадь наплавленного металла по формуле 15

$$F_H = F_H \frac{K^2}{2}, \quad (15)$$

$$F_H = F_H \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2$$

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

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

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по формуле (33), мм:

$$d_{э.п} = K_d \times F, \quad (33)$$

Коэффициент  $K_d$  выбираем в зависимости от способа сварки и рода тока по таблице (22)

Таблица 22 – Значение коэффициента  $K_d$  при дуговой сварке под флюсом

Род тока	Значение коэффициента $K_d$ для сварки	
	автоматической	механизированной
Переменный	0,036...0,160	0,036...0,080
Постоянный	0,040...0,173	0,040...0,086

$$d_{э.п} = 0.60 \times 50 = 3 \text{ мм}$$

Скорость сварки для обратной полярности рассчитываем по формуле (34)

$$V_c \leq 110 \times \frac{d_{э.п}}{F} \quad (34)$$

$$V_c \leq 110 \times \frac{2}{50} = 4.4 \text{ мм/с} = 4.5 \text{ м/с} = 16,2 \text{ м/ч}$$

Скорость подачи электродной проволоки  $V_{э.п}$  рассчитывается по формуле (35)

$$V_{э.п} = \frac{4 \times F \times V_c}{\pi \times d^2}, \quad \text{мм/с} \quad (35)$$

$$V_{э.п} = \frac{4 \times 50 \times 4.5}{3.14 \times 2^2} = 900 / 12.56 = 71.6 \text{ мм/с}$$

Значение сварочного тока определяем для обратной полярности по формуле (36)

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ					

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

$$I_{CB} = d_{э.п} \times (\sqrt[2]{1450 \times d_{э.п}} \times V_{э.п} + 145150 - 382), \quad (36)$$

$$I_{CB} = 2 \times (\sqrt[2]{1450 \times 3} \times 76.1 + 145150 - 382) = 510 \text{ A}$$

Полученное значение тока сварки, сравним с заданными пределами по формуле неравенства (37).

$$I_C \leq (180 \dots 190) \times d_{э.п},$$

$$I_C \leq 590,$$

По условию неравенства 510 А входит в интервал допуска значения, тогда снизим величину тока сварки до 510 А.

Следующим действием определим напряжение сварочной дуги формула (37).

$$U_c = 22 + 0.05 \times I_C \text{ В}, \quad (37)$$

$$U_c = 22 + 0.05 \times 380 = 41 \text{ В}.$$

Вылет электродной проволоки  $l_B$  найдем по формуле (38).

$$l_B = 10d_{э.п} \pm 2d_{э.п}, \quad (38)$$

$$l_B = 10 \times 2 \pm 2 \times 2 = 24 \text{ мм}$$

Все результаты режимов сварки сведены в таблицу (23)

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист
	Инв. № дубл.				
Взам. инв. №	Подп. и дата				47
	Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ



Таблица 23 – Режимы сварки

Сварное соедине ние	ГОСТ сварки	I <sub>с</sub> - ток сварки, А	U <sub>с</sub> – напряжени е дуги, В	V <sub>с</sub> скорость сварки, м/ч	V <sub>э.п</sub> - скорость подачи проволоки, мм/с	Ø - электрода
У5	8737-79 авт.	380	41	16,2	71.6	3
Н1	8713-79авт.	380	41	16,2	71.6	3
Т1	8713-79авт.	380	41	16,2	71.6	3
У5	14771-76мех.	380	40	21.6	89.9	1.2
Т3	14771-76 мех.	380	40	21.6	89.9	1.2
Т1	14771-76 мех.	380	40	21,6	89.9	1.2
Т1	14771-76 авт.	314	35	18	8	1.2

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## 4 Выбор оборудования

4.1 Выбор и обоснование сварочного оборудования и его технические характеристики

Оборудование для сварки под флюсом.

Основное оборудование:

Источник питания ВДУ – 10 смотри таблицу 24.

Таблица 24- Технические характеристика ВДУ – 1201 [ 20 ]

Номинальная сила сварочного тока, А	1000
Режимы работы ПВ, %	100
Номинальное рабочее напряжение В, при характеристиках:	
Жестких	56
Падающих	52
Пределы регулирования сварочного тока, А, при характеристиках:	
Жестких	65...630
Падающих	60...630
Пределы регулирования сварочного напряжения, В, при характеристиках:	
Жестких	16...56
Падающих	22...50
КПД %	0.75
Габариты, мм	860..690..1100
Масса, кг	320

Автомат для сварки под флюсом АДФ-1004 УЗ  
см. таблицу 25.

Таблица – 25 Техническая характеристика АДФ – 1004 УЗ [ 20 ]

Напряжение питающей сети, В	380
Номинальный сварочный ток при ПВ 100% ,А	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2...3...5
Пределы регулирования подачи электродной проволоки, м/ч	120...720
Пределы регулирования скорости сварки,	12...120
Пределы регулирования времени растяжки дуги, с	0,5...1,2
Угол поворота сварочной головки относительно вертикальной оси, град.	±90
Угол поворота сварочной головки относительно горизонтальной оси, град.	±45

Ине. № дубл.	Ине. № инв.	Взам. инв. №	Ине. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Окончание таблицы

1	2
Угол наклона относительно вертикальной оси, град.	+15 (углом вперед) -15(углом назад)
Емкость бункера, Дм <sup>3</sup>	6
Максимально боковой наклон трактора, град.	45 с поворотной опорой стойки
Масса трактора без проволоки, кг	35
Габариты	680×395×

Колонна порталная «РЕМА» РК - 36740

Портальная колонна для продольных швов с платформой для трактора автомата. Смотреть таблицу 25.

Таблица 26 – Технические характеристики СК 36740

Напряжение сети, В	380
Интервал подъема платформы, мм	100...3700
Количество приводов шт.	2

В оборудование для механизированной сварки входит: падающее устройство, сварочная горелка, баллон углекислотный, редуктор углекислотный, осушитель газа, расходомер (ротаметр). Технические характеристики в таблицах 26,27,28, 29.

Таблица 27 – техническая характеристика ПДГ – 603 [ 20 ]

Номинальная сила сварочного тока, А	630
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2...30
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	120...960
Масса подающего устройства, кг	25,5
Габариты	960...660...560
Источник питания	ВДУ - 601

Таблица 28- Техническая характеристика горелки ГДПГ – 603[ 20 ]

Способ защиты дуги	г
Номинальная сила сварочного тока, А	630
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6...2,5
Длина шланга, М	3
Вес, кг	0,7

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						50

Таблица 29 – техническая характеристика редуктора – УР-6-6 [ 20 ]

Наибольшая пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	15
Наибольшее давление газа на входе МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	15(150)
Наибольшее рабочее давление газа МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	0,7(7,0)
Давление срабатывания предохранительного клапана МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	0,85-1 (8,5 – 10)
Коэффициент неравномерности давления, I, не более	От минус 0,15 до 0,15 -0,15 ≤ I ≤ +0,15
Коэффициент перепада давления, R , не более	0,3
Габаритные размеры, мм, не более	164×108×136
Вес, кг	0,67

Таблица 30 – техническая характеристика расходомера У – 30 [ 20 ]

Газ	Углекислый газ
Класс точности	2.5
Расход газа, л/мин	0...30
Присоединительная резьба	M12 × 1,5
Диаметр, мм	50
Масса, кг	0,15

Сварочная головка автомат ОСА – ПА, смотри таблицу 29.

Таблица 31 – Техническая характеристика ОСА –ПА

Номинальный сварочный ток при ПВ= 60 % , А	400
Номинальное напряжение питающей сети, В	220 ... 380
Максимальная потребляемая мощность, кВт	19,5
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8...1 ...1,2
Скорость вращения сварочной горелки, об/мин	0 ... 5,7
Угол наклона горелки в плоскости сварки, град.	±45 ...90
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	0 ...12
Амплитуда колебания горелки, мм	± 1 ... 4
Частота колебаний горелки, колеб. / сек	0,5 ... 2,5
Габаритные размеры головки , мм	545×182×229
Габариты блока управления, мм	280× 197 ×278
Габаритные размеры пульта ДУ, мм	610 ×280×535
Масса, кг, не более	
Головка	8
Блок управления	5
Источник питания	44

Состав и вид всего описанного выше оборудования, выбран целесообразно

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						51

с этапами разработки и проведения выполнения предписаний технологического процесса сборки и сварки конструкции «Двутавровой балки коробчатого сечения».

#### 4.2 Выбор и обоснование сборочного оборудования и его компоновка

Установочные детали и сборочные приспособления образуют основные поверхности к правильной нормативной геометрии сборки конструкции, и должны следовать правилам шести точек.

В соответствии с разработанными деталями для конструкции «БАЛКА» с последовательной и размеренной сборкой, применимы следующие виды сборочного оборудования:

Сборочный стол – основное оборудование для монтажа основных и вспомогательных приспособлений, применимых в прямой фиксации размеров, и жесткого закрепления заготовок деталей при сборке. Для конструкции «БАЛКА» предпочтительный выбор стола с пазами по ГОСТ 1574 – 91. Смотри рисунок 16.

Технические характеристики в таблице 30.

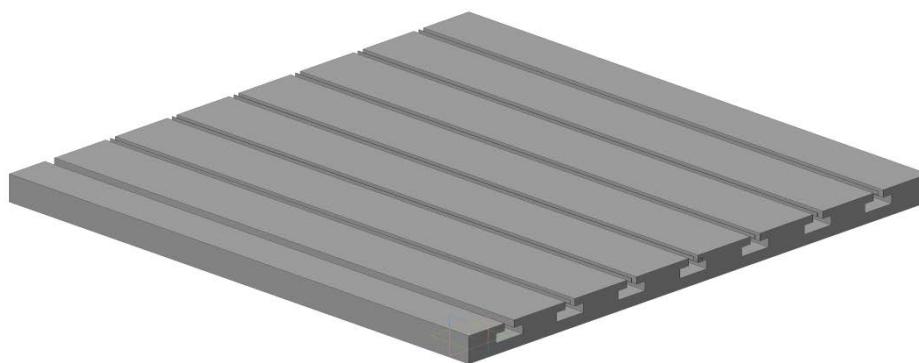


Рисунок 16 – Поверхность сборочного стола.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 32 – техническая характеристика стола

Материал	Сталь 10 ХСНД
Высота, мм	900
Ширина, мм	1200
Длина, мм	2400
Размер болта в паз	M12 × 1,75

Опорная стойка – это основное приспособление которое определяет положение детали в пространстве. ГОСТ 4589-69 смотри рисунок 17.

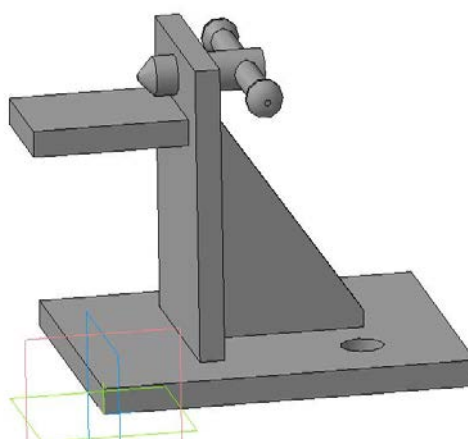


Рисунок 17 – Опорная стойка.

Таблица 33- Техническая характеристика опорной стойки [5]

Материал	Ст.10ХСНД
Высота	100
Ширина	100
Диаметр крепёжных отверстий, мм	14

Магниты сборочные по ГОСТ 24936 – 89 представляют собой конструкцию равностороннего треугольника в сегменте. В основе процесса сборки используется главное свойство магнита – магнетизм или притягивание металлических материалов и жесткое фиксирование их, рисунок 18.

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

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



Рисунок 18 – Магнит сборочный.

Таблица 34 – техническая характеристика магнита [5]

Материал	МЗСН
Габариты:	
Высота	100
Длина	100
Толщина	25

На очередном и последнем этапе сборки и сварки конструкции «БАЛКА» основным оборудованием для закрепления и позиционирования будет использоваться двухстоечный кантователь – позиционер, с закрепленными вращающимися захватами со стопорами фиксаторами предотвращающих от вращения (рисунок 19).

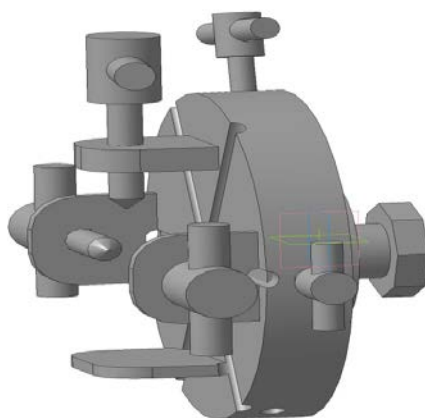


Рисунок 19 – Закрепляющее устройство.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Таблица 35 - Техническая характеристика закрепляющего устройства [5]

Материал	Ст3
Диаметр вращательной части	300
Болт закрепляющий	M22 ×1,5
Болт фиксации вращения	M16 ×1,5
Гайка стационарного крепления	M45×1,5

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



## 5 Контроль качества сварных соединений

Согласно ГОСТ 1853-73 методы неразрушающего контроля в зависимости от физических явлений, положенных в их основу, подразделяют на десять основных видов, такие как, «ВИК» - визуально измерительный контроль, акустический, капиллярный, магнитный, оптический, радиационный, радиоволновой, тепловой, течеисканием, электрический, электромагнитный.

Для конструкции «БАЛКА» предусмотрено использование двух видов неразрушающего контроля, это визуально - измерительный, на ранних этапах сборки, и заключительный радиационный по ГОСТ 7512-69, включающий схемы просвечивания радиационного контроля.

Контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится: внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100%; неразрушающими методом (радиографированием) в объеме не менее 0,5% длины швов. Увеличение объема контроля неразрушающими методами или контроль другими методами проводится в случае, если это предусмотрено чертежами КМ или НТД (ПТД).

Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных дефектов, методом визуально – измерительного контроля, следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения  $\pm 0,1$  мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5—10-кратным увеличением.

Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений конструкций не допускаются и должны быть устранены с последующей заваркой и контролем.

Контроль швов сварных соединений конструкций неразрушающими методами следует проводить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром.

Выборочному контролю швов сварных соединений, качество которых согласно проекту требуется проверять неразрушающими физическими методами, должны подлежать участки, где наружным осмотром выявлены дефекты, а также

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

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

участки пересечения швов. Длина контролируемого участка не менее 100 мм.

По результатам визуально – измерительного и радиографического контроля, швы сварных соединений конструкций должны удовлетворять требованиям таблицам 35 и 36.

В соединениях, доступных сварке с двух сторон, а также в соединениях на подкладках суммарная площадь дефектов (наружных, внутренних или тех и других одновременно) на оценочном участке не должна превышать 5% площади продольного сечения сварного шва на этом участке.

В соединениях без подкладок, доступных сварке только со одной стороны, суммарная площадь всех дефектов на оценочном участке не должна превышать 10% площади продольного сечения сварного шва на этом участке.

Таблица 36 – нормы результатов радиографического контроля

Элементы сварных соединений		Требования к качеству, допустимые размеры дефектов	
Внутренние дефекты			
Соединения, доступные для сварки с двух сторон, соединения на подкладках: непровары в корне шва		Высота — до 5% толщины свариваемого проката, но не более 2 мм Длина — не более удвоенной длины оценочного участка	
Соединения без подкладок, доступные для сварки с одной стороны: непровар в корне шва		Высота — до 15% толщины свариваемого проката, но не более 3 мм	
Удлиненные и сферические дефекты: одиночные; образующие цепочку или скопление;		Высота — не более значений h Высота — не более значений 0,5 h*	
удлиненные;		Длина — не более длины оценочного участка Протяженность — не более отношения	
		$\frac{S^*}{h}$	

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

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

Окончание таблицы

<p>непровары, цепочки и скопления пор, соседние по длине шва Суммарные в продольном сечении шва</p> <p>Швы сварных соединений конструкций, возводимых или эксплуатируемых в районах с расчетной температурой ниже минус 40°C до минус 65°C включительно: непровары, несплавления, удлиненные дефекты, цепочки и скопления дефектов; одиночные сферические дефекты</p>	<p>Расстояние между близлежащими концами Не менее 200 мм Суммарная площадь на оценочном участке Не более <math>s^*</math></p> <p>Не допускаются</p> <p>Высота — не более значений <math>0,5h^*</math> Расстояние между соседними дефектами — не менее удвоенной длины оценочного участка</p>
---	--

Таблица 36 – нормы результатов визуального контроля

Элементы сварных соединений Внутренние дефекты	Требования к качеству, допустимые размеры дефектов
<p>Поверхность шва</p> <p>Подрезы</p> <p>Дефекты удлиненные и сферические Одиночные</p> <p>Дефекты удлиненные сферические в виде цепочки или скопления.</p>	<p>Равномерно-чешуйчатая, без прожогов, наплывов, сужений и перерывов. Плавный переход к основному металлу Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 1 мм Глубина до 10% толщины свариваемого проката, но не более 3 мм.</p> <p>Длина — до 20% длины оценочного участка* Глубина до 5% толщины свариваемого проката, но не более 2 мм.</p> <p>Длина — до 20% длины оценочного участка</p> <p>Длина цепочки или скопления — не более удвоенной длины оценочного участка</p>

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

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

Окончание таблицы 36

<p>Дефекты (непровары, цепочки и скопления пор) соседние по длине шва</p> <p>Швы сварных соединений конструкций, возводимых или эксплуатируемых в районах с расчетной температурой ниже минус 40° С и до минус 65° С включительно.</p> <p>Непровары, несплавления, цепочки и скопления наружных дефектов подрезы: вдоль усиления;</p> <p>местные поперек усиления</p>	<p>Расстояние между близлежащими концами — не менее 200 мм</p> <p>Не опускаются</p> <p>Глубина — не более 0,5 мм при толщине свариваемого проката до 20 мм и не более 1 мм — при большей толщине</p> <p>Длина не более удвоенной длины оценочного участка</p>
---	---

Име. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. име. №	Подп. и дата	Име. № подл.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте было представлено описание сварной конструкции, сделан анализ условий эксплуатации всей конструкции машины и конструкционных единиц;

- обоснован выбор конструкционных материалов, (на основе химического состава выбранных сплавов, сравнены их механические и технологические свойства);

- произведен анализ свариваемости выбранных сплавов (предварительной оценки свариваемости);

- выбран способ сварки (перечислены достоинства и недостатки способа сварки);

- выбраны и охарактеризованы сварочные материалы в зависимости от выбранного способа сварки;

- рассчитаны параметры режима сварки (диаметр электродной проволоки  $d_{эл.пр.}$ , расход защитного газа) сила сварочного тока  $I_{св}$ , напряжение дуги  $U_{д}$ , скорость сварки  $V_{св}$ , скорость подачи электродной проволоки;

- выбрано основное сварочное оборудование и представлены его технические характеристики;

- выбрано и охарактеризовано сборочное оборудование с его компоновкой;

- подобраны методы контроля качества сварных соединений;

- описаны технологический процесс сборки и сварки металлоконструкции.

- в методической части разработана программа производственного обучения по переквалификации от сварщик частично механизированной к оператора автоматической сварки плавлением под флюсом.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	60

# МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## ВВЕДЕНИЕ

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки двутавровой балки коробчатого сечения. В процессе разработки предложено заменить механизированную сварку в среде углекислого газа на более производительный способ сварки – автоматическую сварку под флюсом. В технологическом разделе рассчитаны параметры режима сварки, предложена замена оборудования на современное и более производительное. Для осуществления сварочных работ по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести подготовку или переподготовки рабочих, с участием которых возможна реализация спроектированной в дипломном проекте технологии, в условиях промышленного предприятия.

Целью методической части дипломного проекта является разработка учебно-программной документации для подготовки или переподготовки рабочих сварочного производства, с участием которых возможна реализация спроектированной в дипломном проекте технологии в условиях промышленного предприятия.

Задачи методической части дипломного проекта:

изучить и провести сравнительный анализ функциональных характеристик рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» 3-го уровня ;

сформировать учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;

выполнить разработку учебной программы и тематического плана предмета

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

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



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. № 31301);

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

В таблице 37 представлены характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением», выписанные из функциональных карт профессиональных стандартов по профессиям.

Таблица 37 - Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» и оператора автоматической сварки плавлением»

Характеристики					Сварщик частично механизированной сварки плавлением					Оператор автоматической сварки плавлением				
1					2					3				
<i>Трудовая функция</i>					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,					Изучает производственное задание, конструкторскую и про-изводственно-технологическую документации. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования. Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов. Собирает конструкцию под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.				
<i>Трудовые действия</i>					Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для частично механизированной					Настраивать, проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования, автоматической сварки в смеси пульсирующей дугой.				

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



Продолжение таблицы 37

1	2	3
<p><b>Необходимые умения</b></p>	<p>Выполнение частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных конструкций. Проверять работоспособность, исправность и настраивать сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции. Исправлять дефекты частично механизированной сваркой (наплавкой). Владеть техникой частично механизированной сварки (наплавки) плавлением конструкций любой сложности. Участвовать (на основе знаний и практического опыта) в выполнении уникальных и в исследовательских работах по частично механизированной сварке (наплавки) плавлением</p>	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений.</p>
<p><b>Необходимые знания</b></p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах. Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью</p>

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

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

Продолжение таблицы 37

1	2	3
	<p>Сваркой (наплавкой) плавлением. Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением. Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций. Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва. Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций. Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением. Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Требования к сборке конструкции под сварку. Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением. Виды и методы контроля. Виды дефектов, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения. Правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности. Правила по охране труда, в том числе на рабочем месте</p>
<p><b>Другие характеристики</b></p>	<p>Область распространения частично механизированной сварки (наплавки) плавлением в соответствии с данной трудовой функцией: сварочные процессы, выполняемые сварщиком вручную и с механизированной подачей проволоки: сварка дуговая порошковой самозащитной проволокой; сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой</p>	<p>Область распространения в соответствии с данной трудовой функцией: сварка дуговая под флюсом сплошной проволокой; сварка дуговая под флюсом ленточным электродом; сварка дуговая под флюсом с добавлением металлического порошка; сварка дуговая под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая под флюсом порошковым ленточным электродом; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе (MIG-сварка); сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе (MAG-сварка); сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе с присадочной</p>

Име. № подл.	
Подп. и дата	
Име. № дубл.	
Взам. име. №	
Подп. и дата	
Име. № подл.	

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

Окончание таблицы 37

1	2	3
	с флюсовым наполнителем в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в инертном газе; сварка дуговая сплошной проволокой в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в активном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с металлическим наполнителем в активном газе; сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе.	сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе без присадочного материала (TIG-сварка); сварка дуговая неплавящимся вольфрамовым электродом в активном газе (TAG-сварка), сварка плазменная плавящимся электродом в инертном газе (PlasmaMIG сварка)
<b>Характеристики выполняемых работ</b>	прихватка элементов конструкции частично механизированной сваркой плавлением во всех пространственных положениях сварного шва; частично механизированная сварка (наплавка) плавлением сложных и ответственных конструкций	Освоение, применение одну из разновидностей сварочного автомата. инверторный источник питания Phoenix 351 Puls DW в комплекте с подающим механизмом Phoenix Concept Drive4LWE

В результате сравнения функциональных карт рабочих по профессиям «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением» получаем следующий вывод:

Необходимые знания:

- основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах;

- устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов;

- виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью

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

					ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		66

механизированную и автоматическую сварку плавлением;

- основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением;

- сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением;

- требования к сборке конструкции под сварку;

- технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением;

- требования к качеству сварных соединений;

- виды и методы контроля;

- виды дефектов, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения;

- правила технической эксплуатации электроустановок. Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ. Правила эксплуатации газовых баллонов;

- правила по охране труда, в том числе на рабочем месте.

На основании полученного сравнения, возможно, разработать содержание краткосрочной подготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» и провести данную работу в условиях промышленного предприятия, без отрыва от производства.

Необходимые умения:

- проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования;

- определение работоспособности, исправности сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществление его подготовки.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

## 2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования (г. Москва), 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, общеотраслевой 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 профессиональных стандартов и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки», который представлен в таблице 38. Продолжительность обучения 2 месяца.

Таблица 37 – Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

Номер раздела	Наименование разделов тем	Кол-во часов, всего
1	2	3
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ		96
1.1	Основы экономики отрасли	6
1.2	Материаловедение	6
1.3	Основы электротехника	4
1.4	Чтение чертежей	4

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

Окончание таблицы 37

1	2	3
1.5	Спецтехнология	76
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ		258
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей в сварочных мастерских	72
2.2	Работа на предприятии	172
	Консультации	6
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	354

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

Цели занятия:

Обучающая: формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочных автоматов, их назначении и принципе работы.

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

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

Тип урока: ознакомление учащихся с новым материалом.

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

Дидактическое обеспечение занятия:

- интерактивная доска;
- компьютеры ASUS 5шт.
- рабочая тетрадь;
- плакаты;
- макеты оборудования – учебники: Бельфор М.Г., Патон Б.Е.

«Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки»; Электронное учебное пособие: «Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса». Александров В.Д.

Структура урока:

1. Организационный момент;

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;

Сообщение темы и цели занятия;

Актуализация опорных знаний.

3. Изучение нового материала:

– Назначение сварочных автоматов;

– Основные узлы и механизмы сварочных автоматов;

– Комплектование сварочного поста.

### 3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и технологии производства, организации труда в объеме, необходимом для прочного овладения профессией и дальнейшего роста профессиональной квалификации рабочих, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе профессионального стандарта, учебного план переподготовки и учета требований работодателей (таблице 39).

Таблица 38 – Рабочая программа предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания	6
2	Стандартное механическое оборудование	6
3	Оборудование для дуговой автоматической сварки под слоем флюса	24
3.1	Общие сведения и квалификация сварочных автоматов	4
3.2	Устройство и основные узлы сварочных автоматов	4
3.3	Электрические схемы автоматов	6
3.4	Типовые конструкции сварочных автоматов	6
3.5	Техническое обслуживание автоматов	4
4	Технология автоматической сварки под слоем флюса	36
4.1	Особенности автоматической сварки под слоем флюса	10
4.2	Особенности сварки углеродистых и низколегированных сталей	10
4.3	Режимы автоматической сварки под слоем флюса	8
5	Контроль качества сварных швов	6
6	Охрана труда	6
	Всего	76

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

В данной программе предусматривается изучение технологии и техники автоматической сварки под слоем флюса, устройства, работы и эксплуатации оборудования различных типов, марок и модификаций.

#### **4 Разработка плана урока по теме «Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса»**

Тема урока «Оборудование для автоматической сварки под флюсом АДФ – 1000 УЗ устройство и принцип работы».

Цели занятия:

Обучающая: формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочных автомата АДФ – 1000 УЗ, их назначении и принципе работы.

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

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

Тип урока: ознакомление учащихся с новым материалом.

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

Дидактическое обеспечение занятия:

- интерактивная доска;

- компьютер ASUS 5 шт.

– рабочая тетрадь;

– плакаты;

– макеты оборудования;

– учебники: Бельфор М.Г., Патон Б.Е. «Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки». Электронное учебное пособие: «Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса». Александров В.Д.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ

Лист
71



Структура урока:

1. Организационный момент;

2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;

Сообщение темы и цели занятия;

Актуализация опорных знаний.

3. Изучение нового материала:

– Назначение сварочных автоматов;

– Основные узлы и механизмы сварочных автоматов;

– Комплектование сварочного поста.

4. Закрепление знаний

- По каким признакам классифицируются сварочные автоматы?

- Каково назначение основных устройств сварочных автоматов?

- Расскажите устройство и принцип работы сварочного автомата АДФ-1000

УЗ.

5. Подведение итогов занятия, задание на дом.

Прочитать конспект, составить технические характеристики на автоматах АДФ-1000 УЗ. Электронное учебное пособие: «Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса». Александров В.Д.

Таблица 39 – План-конспект урока «Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса»

Этап занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и ручки. Староста назовите отсутствующих на занятии.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки под слоем флюса» Тема занятия: Устройство и основные узлы сварочных автоматов» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы, мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						72

Продолжение таблицы 39

1	2	3
	узлах сварочных автоматов, их назначение и принцип работы»	
Актуализация опорных знаний 10 минут	<p>Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем отличается аппарат для автоматической сварки от аппарата для механизированной сварки?</li> <li>2. Почему применяют унифицированные узлы на полуавтоматах и автоматах?</li> <li>3. Расскажите о системе обозначения аппаратов для автоматической сварки.</li> <li>4. Расшифруйте марку АДФ-1000 УЗ.</li> </ol>	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих опрашиваю выборочно.
Изложение нового учебного материала 35 минут	<p>Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Назначение сварочных автоматов;</li> <li>– Основные узлы и механизмы сварочных автоматов;</li> <li>– Комплектование сварочного поста.</li> </ul> <p>По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты – на которые я буду обращать внимание.</p> <p>Прошу сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам.</p> <p>В настоящее время широко применяется автоматическая сварка.</p> <p>Автоматическая сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительномонтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д.</p> <p>Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом классифицируют по нескольким признакам в соответствии со стандартом.</p> <p>По способу защиты сварочной дуги принята следующая классификация автоматов: в активных защитных газах (Г); в инертных газах (И); под флюсом (Ф); открытой дугой (О).</p> <p>По способу регулирования скорости подачи электродной проволоки выпускаются автоматы с плавным, ступенчатым и комбинированным регулированием.</p> <p>Автоматы различают также по способу подачи электродной проволоки: толкающему, тянущему, универсальному.</p> <p>Стабилизация выходных параметров источников совместно со стабилизацией</p>	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный полуавтомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы полуавтоматов. Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам.име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм.	Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Окончание таблицы 39

1	2	3
	<p>скорости подачи электродной проволоки позволяет получать сварные соединения высокого качества.</p> <p>Автоматы этой серии состоят из сварочной головки и источника питания постоянного тока или импульсного источника питания, сварочной горелки, флюсоподающих устройств и соединительных гибких шлангов.</p>	
<p>Первичное закрепление материала 10 минут</p>	<p>Теперь я прошу вас ответить на мои вопросы, для того что бы выяснить на сколько вы усвоили новый материал.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. По каким признакам классифицируются сварочные автоматы?</li> <li>2. Каково назначение основных устройств сварочных автоматов</li> <li>3. Расскажите устройство и принцип работы сварочного автомата АДФ-1000 УЗ.</li> </ol>	<p>Провожу фронтальный опрос обучающихся. Активизирую деятельность обучающихся, задавая вопросы по новому материалу. Остальных прошу следить за ответами, дополнять и делать вывод. Выставляю оценки в журнал.</p>
<p>Выдача домашнего задания 5 минут</p>	<p>Запишите домашнее задание: «Типовые конструкции сварочных автоматов» стр.8 Александров В.Д. - Методические указания к практической деятельности. Сделать таблицу «Технические характеристики сварочного автомата АДФ-1000 УЗ»</p>	

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу педагога профессионального образования, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения в системе профессионального образования. Содержание технологического раздела дипломного проекта явилось составной частью методической разработки.

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

– изучили и провели сравнительный анализ функциональных характеристик рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го уровня) и «Оператор автоматической сварки плавлением»;

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
					74

- сформировали учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- выполнили разработку учебной программы и тематического плана предмета «Спецтехнология» для переподготовки рабочих сварочного производства;
- представили по одной из тем предмета «Спецтехнология» план-конспект урока, в котором максимально использовать результаты технологической разработки дипломного проекта.

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

Ине. № дубл.		Подп. и дата	
Взам. инв. №		Подп. и дата	
Ине. № подл.		Подп. и дата	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Дата
ДП 44.03.04. 137 ПЗ			Лист
			75

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акулов А.И., Бельчук А.Г., и Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением / Учебник для студентов вузов. М.: - «Машиностроение», 1977. 431. с ил.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов / Под. Ред. Акад. Б.Е. Патона.- М.:Машиностроение, 1974. – 758 с.
3. Юхин Н.А. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах/ – М.: -«Суэло», 2008.-73 с.
4. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением/ – Учебник для техникумов. – 3 – изд., перераб. и допол. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. – 461 с.: ил.
5. Рыморов Е.В., Новые сварочные приспособления/ - Л.:«Стройиздат.», Ленингр. отд-ние, 1988.-125 с
6. Сорокин, В.Г.Марочник сталей и сплавов/ Под ред. В.Г. Сорокина. М.: -«Машиностроение», 1989.– 640с.
7. Оборудование для дуговой сварки/ Справочное пособие под ред.В.В. Смирнова. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986. – с.: ил.
8. Куркин, С.А. Технология, механизация, и автоматизация производства сварных конструкций/ С.А. Куркин. - М.: Машиностроение, 1989.–328 с; ил.
9. СВАРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ/ Крампит Н.Ю.,Крампит А.Г. – ЮТИ ТПУ – 2008 – 95с.
10. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение:/Учебник для вузов. ХИМИЗДАТ, 2007.-784 с.: ил.
11. Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки плавящимся электродом: методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ Под ред. Катаева Р.Ф. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2009. 37 с.
12. Справочник по сварке: В 4-х т. Т. 4. / Под ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1971 – 416 с., ил.

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	76

13. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974 – 770с., ил.;
14. СНиП -23-81\* Нормы проектирования.Стальные конструкции. [Электронный ресурс] - Режим доступа: docviewer. yandex.ru
15. Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса: [Электронный ресурс] - методические указания к практической работе / В.Д. Александров [и др.]. – М.: МАДИ, 2014. – 28 с.
16. Эрганова Н.Е. Методика профессионального обучения: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Н.Е.Эрганова.- М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 167 с.
17. Бельфор М.Г., Патон Б.Е. Оборудование для дуговой и шлаковой сварки и наплавки. – М. : Высшая школа, 1974. – 256 с.
18. Сварка. Резка. Контроль: справочник: в 2 т. Т.1 / под ред. Н.П.Алешина [и др.]. - М.: Машиностроение, 2004 - 619 с. : ил.
19. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. / редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др. Т. 3 / под ред. В.А. Винокурова. - М.: Машиностроение, 1979 - 567 с.: ил.
20. Александров А.Г. и др. Эксплуатация сварочного оборудования: Справочник рабочего/ А. Г. Александров, И.И. Заруба, И.В. Пиньковский. – К.: Будивэльник, 1990. – 3-е изд., перераб. и доп. – 224с.: ил.
21. Степанова-Быкова, А.С. Методика профессионального обучения [Электронный ресурс] : курс лекций / А. С. Степанова-Быкова, Т. Г. Дулинец. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – (Методика профессионального обучения : / рук. творч. коллектива А. С. Степанова-Быкова). –1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : Intel Pentium (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 50 Мб свободного дискового пространства ; привод DVD ; операционная система Microsoft Windows Vista (32 бит) / 7 Ultimate ; Adobe Reader 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата pdf).

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП 44.03.04. 137 ПЗ	Лист
						77



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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП 44.03.04. 137 ПЗ

Лист

79