

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ  
ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение(по отраслям)  
Профиль Машиностроение и материалобработка  
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном  
производстве

Идентификационный код ВКР: 719

Екатеринбург 2018

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ИММ  
\_\_\_\_\_ Б.Н.Гузанов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

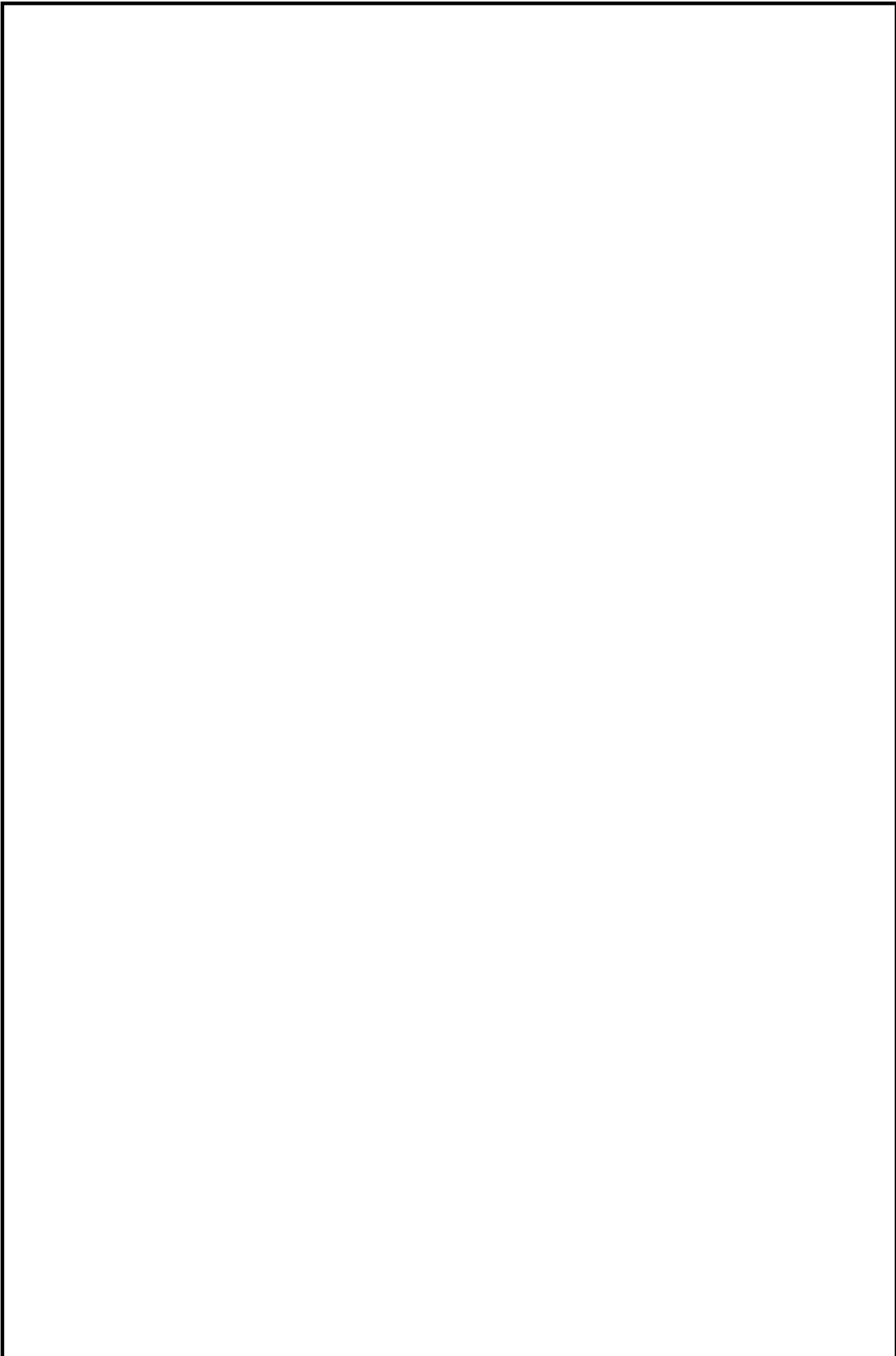
### **Разработка технологии сборки и сварки двутавровых балок**

Исполнитель:  
студент группы ЗСМ-404С \_\_\_\_\_ И.В. Буртник

Руководитель:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Д.Х. Билалов

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

Екатеринбург 2018



					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						4
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 91 лист машинописного текста, 20 рисунков, 18 таблиц, 24 использованных источника литературы, 2 приложения на 2-х листах, графическую часть на 8-ми листах формата А1.

Ключевые слова: БАЛКА, ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА ОСЦ-45, ГАЗОВАЯ СМЕСЬ CORGON 18, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ»

В дипломном проекте проведена разработка технологического процесса сборки и автоматической сварки под флюсом двутавровой балки перекрытия производственно-складского комплекса.

В методической части разработана программа профессиональной переподготовки сварщиков по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»

В экономической части дипломного проекта представлено технико-экономическое обоснование спроектированной технологии сборки и сварки балки перекрытия производственно-складского комплекса.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		5

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	7
1. Технологическая часть.....	9
1.1 Характеристика основного металла.....	10
1.2 Особенности сварки стали 09Г2С .....	11
1.3 Свариваемость стали.....	12
1.4 Выбор способа сварки изделия.....	15
1.5 Выбор сварочных материалов.....	19
1.6 Подготовка сварочных материалов.....	22
1.7 Меры борьбы с напряжениями и деформации при сварке.....	18
1.8 Расчёт режимов сварки.....	19
1.9 Оборудование, оснастка и приспособление.....	31
1.10 Сборочные и сварочные установки.....	39
1.11 Устройство и работа составных частей.....	41
1.12 Первоначальный пуск установки.....	44
1.13 Порядок работы установки для сварки.....	44
1.14 Стенд для правки грибовидности.....	45
1.15 Технология изготовления.....	48
1.16 Контроль качества готового изделия.....	58
2 Экономический раздел .....	60
2.1 Методика расчета экономической эффективности.....	60
2.2 Расчет трудоемкости.....	66
2.3 Расчёт капитальных вложений.....	63
2.4 Расчёт технологической себестоимости.....	65
2.5 Расчет показателей экономической эффективности проекта.....	69
3 Методический раздел .....	72
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов.....	73
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии	

«Оператор автоматической сварки плавлением».....	77
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология» ....	79
3.4 Разработка плана – конспекта урока.....	80
Заключение .....	86
Список использованных источников .....	87
Приложение А – Лист задания для выполнения ВКР.....	90
Приложение Б – Спецификация.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Сварочные технологии занимают ведущее место в современном производстве. Совершенствование технологий и техники, связанной с ними, предъявляет все более растущие требования к способам производства и, в том числе, к технологиям сварочного производства. В настоящее время разработаны технологии сварки материалов, применение которых в массовом производстве еще в недавнем прошлом считалось трудновыполнимым. Свариваются детали толщиной в несколько микрон и детали тяжелого оборудования толщиной в несколько метров. Развитие технологий позволило уверенно выполнять сварочные работы под водой, в космосе при невесомости и в глубоком вакууме, при высоких температурах, при повышенной радиации. Сварка впервые в мире была опробована нашими космонавтами в космосе и стала вторым после сборки машиностроительным технологическим процессом применяемым при сборке и эксплуатации космических станций.

*Объектом* представленной разработки является технология изготовления металлоконструкций, в данном случае сварная двутавровая балка.

*Предметом* разработки является процесс сварки балки.

*Целью* дипломного проекта является разработка технологии и подбор оборудования для изготовления двутавровых балок в условиях сварочного производства.

Необходимость повышения производительности труда ведет к увеличению уровня механизации и автоматизации сварочного производства, к его оснащению новыми сложными машинами и агрегатами, без которых сегодня немыслимо серийное производство многих видах продукции.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						8
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки двутавровых балок перекрытий.

Исходя из цели, в выпускной квалификационной работе рассмотрены следующие задачи:

- 1) охарактеризовать свариваемость и особенности технологии сварки данной группы сталей;
- 2) выбрать способ сварки и сварочные материалы;
- 3) произвести расчеты параметров режимов сварки;
- 4) выполнить подбор и компоновку основного и вспомогательного оборудования;
- 5) выбрать способы контроля качества для соединений данного изделия;
- 6) выполнить экономическое обоснование проектируемого варианта производства балки;
- 7) разработать методический раздел.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						9
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		



## 1 Технологическая часть

Двутавровые балки представляют собой тип фасонного проката, изготовленного из высококачественной стали. Сталь может быть либо низколегированной, либо углеродистой. Этот тип сортового проката имеет форму бруса, ориентированного горизонтально или вертикально. Стальная двутавровая конструкция – это прокат определенной формы, изготовленный из профильной стали специального исполнения. Форма определяется его конструктивными особенностями. Чаще всего она внешне похожа букву «Н». Такая форма усиливает прочность элементов конструкции и придает дополнительную жесткость.

Сварные балки такого же профиля имеют ряд преимуществ по сравнению с полученными способом прокатки:

- они обладают лучшим соотношением воспринимаемой нагрузки и собственной массой;
- они не ограничены сортаментом по высоте и ширине, а так же по толщине элементов;
- сварные балки могут выполняться несимметричными.

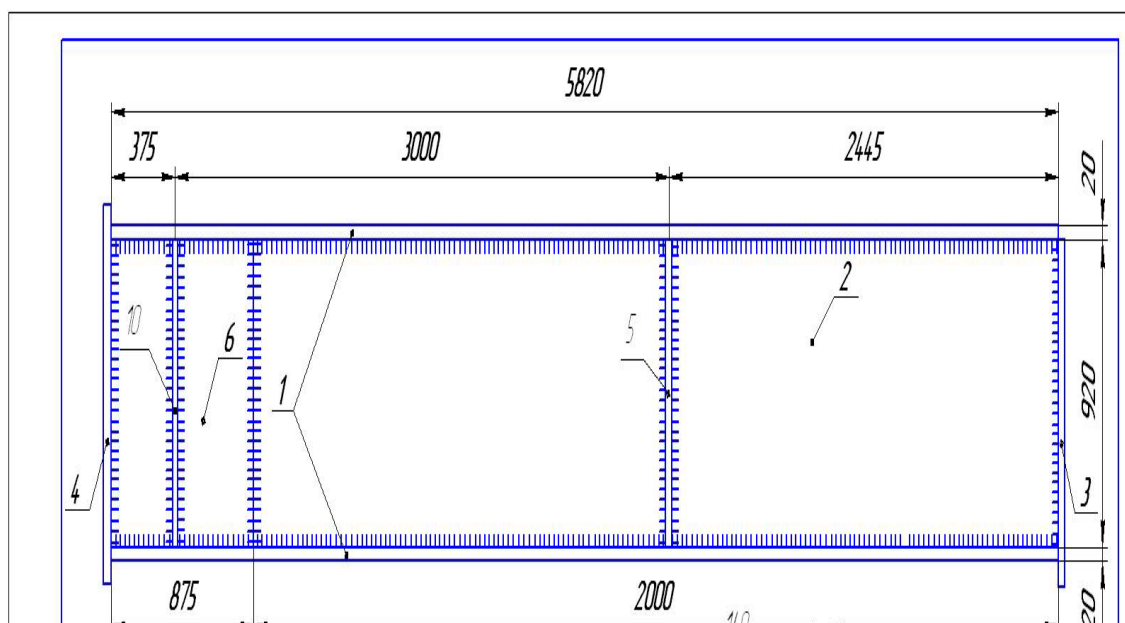


Рисунок 1.1- Балка перекрытия

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		10

## 1.1 Характеристика основного металла

При разработке технологии сварки необходимо учитывать, как свойства материала, из которого планируется изготовление конструкции, так и те изменения, которые неизбежно возникают при сварке в околошовной зоне сварного соединения.

Указанные изменения во многом определяются технологическими параметрами используемого способа сварки (источник тепла, характер нагрева и охлаждения, скорость сварки и т.д.), температурой окружающей среды, составом флюса, защитных и инертных газов, сварочной проволоки, а так же способом подготовки деталей под сварку – вид разделки кромок, способы подготовки поверхности и т.д.) и пространственным положением выполняемых сварных швов.

Сталь, как материал конструкции, выбирают в зависимости от климатической зоны, в которой будет эксплуатироваться изделие, прочностных требований, агрессивности окружающей среды и т.п. Для изготовления балки в представленной работе планируется использовать сталь 09Г2С. Эта сталь относится к категории низколегированных конструкционных сталей. Химический состав стали марки и механические свойства приведены соответственно в таблице 1 в таблице 2.

Таблица 1.1 – Химический состав марки стали 09Г2С в % [1].

С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
						не более	
≤0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	≤0,30	≤0,30	≤0,30	0,040	0,035

Таблица 1.2 -Механические свойства марки стали 09Г2С [1].

Характеристика	$\delta_B$ , МПа	$\delta_T$ , МПа	$\delta_5$ (%)	КСУ (Дж/см <sup>2</sup> )
Значение	85	65	15	60

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		11

## 1.2 Особенности сварки стали 09Г2С

Свариваемость – это свойство металла или сочетания свойств металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленными конструкцией и эксплуатацией изделия. [2]

Низколегированная сталь 09Г2С, относится к числу хорошо сваривающихся металлов. Для этой стали технологию сварки выбирают из условий обеспечения комплекса требований, главные из которых достижение равнопрочности сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном соединении [3].

Свойства стали в известных пределах регулируют за счет изменения содержания углерода и легирующих элементов. Повышение вероятности образования горячих трещин при увеличении содержания углерода обусловлено склонностью углерода к ликвации, а холодных трещин - тем, что углерод снижает температуру мартенситного превращения и способствует формированию малопластичного мартенсита. Объемные изменения (увеличение объема) при превращении аустенита в мартенсит с повышением содержания углерода возрастают. Это приводит к увеличению внутренних напряжений. [4].

Учитывая все вышесказанное отметим, что сталь 09Г2С является низколегированной сталью повышенной прочности, относится к сталям перлитного класса и содержит в среднем около 0,09% С [4]. Сталь обладает хорошим соотношением вес-прочность и хорошей свариваемостью для толщин менее 30 мм [5].

Сталь 09Г2С поставляется по ГОСТ 19282 -73 в горячекатаном состоянии или после нормализации, а так же может поставляться по специальным техническим условиям [4].

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		12

Низколегированные стали с относительно небольшим количеством марганца при толщинах более 25-30 мм склонны к образованию горячих трещин. Образование этого вида трещин предотвращают в основном за счет рационального подбора сварочных материалов: флюса, электродов, электродных проволок, с целью обеспечения снижения содержания вредных примесей в металле сварного шва и повышения содержания в нем марганца[6].

Выделение окиси углерода, водорода и азота при сварке сталей может привести к образованию пор. В нашем случае вероятность образования пор из-за выделения окиси углерода достаточно низкая, так как содержание углерода не велико, а достаточная концентрация активных раскислителей (Si, Mn) в сварочной ванне позволит связать атомы свободного кислорода и вывести их в шлак в составе соединений  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MnO}$  [7].. Пory, образованные водородом, при сварке низколегированных сталей появляются чаще, чем при сварке углеродистых сталей из-за большого количества раскислителей в сварочной ванне. Это необходимо учесть при проектировании технологии сварки стали 09Г2С, предусмотрев технологические меры для снижения вероятности попадания водорода зону сварки. [2, 3, 7]

### 1.3 Свариваемость стали

Легирующие элементы оказывают существенное влияние на показатели свариваемости. Оценка свариваемости стали производится на основе оценки склонности к горячим трещинам и стойкости стали к холодным трещинам. [2, 5]

Склонность стали к образованию горячих трещин для данного класса стали рассчитывается по расчетно – статическим показателям по формуле из работы [4].

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						13
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$$HCS = \frac{C \cdot \left( S + P + \frac{S_i}{25} + \frac{N_i}{100} \right) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V},$$

(1.1)

где С, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 09Г2С по таблице 1.1.

По формуле 1.1 определяем

$$HCS = \frac{0,12 \cdot \left( 0,04 + 0,035 + \frac{0,27}{25} + \frac{0,3}{100} \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,6 + 0,3 + 0 + 0} = 0,95$$

т. к.  $HCS < 4$ , то материал не склонен к образованию горячих трещин (для сталей с пределом прочности не более 700 МПа).

Для определения склонности стали к образованию холодных трещин воспользуемся методикой оценки эквивалентного углерода из работы [2]. Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что  $S_{\text{э}} < 0,45\%$ , то данная сталь может свариваться без предварительного подогрева; если  $S_{\text{э}} \geq 0,45\%$ , то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение  $S_{\text{э}}$ .

При сварке металла относительно небольшой толщины (до 6—8 мм) и сварных узлов небольшой жесткости предельное значение  $S_{\text{э}}$ , при котором нет необходимости в предварительном подогреве, может быть повышено до 0,55% [2].

В случае необходимости подогрева металла перед сваркой температура его может быть оценена по методике, учитывающей химический состав свариваемой стали и ее толщину. Согласно этой методике полный эквивалент углерода  $S_{\text{э}}$  определяют по формулам

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\Sigma} = C_x + C_p \quad (1.2)$$

$$C_x = (360C + 40Mn + 40Cr + 20Ni + 28Mo) / 360 \quad (1.3)$$

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_x \quad (1.4)$$

где  $C_x$  — химический эквивалент углерода;

$C_p$  — размерный эквивалент углерода.

$C, Mn, Cr, Ni, Mo$  – содержание легирующих элементов в %

$S$  – Толщина свариваемых кромок, мм

Если в уравнение (1.1) подставить значение  $C_p$  из формулы (1.3), то полный эквивалент углерода

$$C_{\Sigma} = C_x \cdot (1 + 0,005 \cdot S) \quad (1.5)$$

Определив полный эквивалент углерода, необходимую температуру предварительного подогрева находят по формуле

$$T_n = 350 \sqrt{C_{\Sigma} - 0,25} \quad (1.6)$$

Выполним необходимые расчеты

$$C_x = (360 \cdot 0,12 + 40 \cdot 1,8 + 40 \cdot 0,3 + 20 \cdot 9,3 + 28 \cdot 0) / 360 = 0,37\%$$

$$C_{\Sigma} = 0,37 \cdot (1 + 0,005 \cdot 20) = 0,41\%$$

Поскольку значение  $C_{\Sigma}$  меньше чем 0,45%, подогрев не требуется.

Важное требование при сварке рассматриваемой сварной конструкции – обеспечение равнопрочности сварного соединения с основным металлом и обеспечение отсутствия дефектов в сварном шве.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		15

## 1.4 Выбор способа сварки изделия

Исходя из конструкции сварной балки (рисунок 1.1), очевидно, что швы изделия имеют большую протяженность, и поэтому при сварке наиболее целесообразно использовать высоко механизированные и автоматизированные способы сварки. На выбор способа сварки влияет также свариваемость стали, в нашем случае ограничений по свариваемости нет. Из механизированных способов можно рассмотреть сварку в защитном газе и под слоем флюса. Сварка в защитном газе удобна при многослойных или многопроходных швах. Сварка под слоем флюса по сравнению со сваркой в защитном газе характеризуется более высокой производительностью лишь при условии выполнения 1 – 2-х проходных швов [6]. Многопроходные сварные швы требуют дополнительных трудовых затрат и на зачистку сварного шва от шлака. Катет сварного шва рассматриваемой конструкции – 8 мм, отсюда поперечное сечение наплавленного металла углового шва составит, как минимум,  $75 \text{ мм}^2$ . Способ сварки под флюсом, за счет надежной защиты зоны сварки и стабильности процесса, уверенно обеспечит получение сварного шва заданного катета с высоким качеством за один проход [2, 6]. Для способа сварки в среде защитного газа, для обеспечения должного качества потребуется как минимум два прохода.

На основании всего вышесказанного выбираем механизированную дуговую сварку под флюсом.

Широкое применение этого способа в промышленности при производстве конструкций из стали и сплавов объясняется:

- высокой производительностью процесса;
- высоким качеством и стабильностью свойств сварного соединения;
- улучшенными условиями работы;

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						16
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

- более низким, чем при ручной или механизированной сварке, расходом сварочных материалов и электроэнергии.

К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания расплавленных флюса и металла.

При дуговой сварке под слоем флюса необходимо проводить дополнительные операции: удаление не использованного флюса и шлаковой корки, установка выводных планок и механическая обработка торцов изделия после сварки.

Сварка под флюсом обеспечивает хороший товарный вид изделия. Не требуется дополнительной обработки швов на зачистных машинах из – за отсутствия брызг расплавленного металла, отсутствия чешуйчатости на поверхности шва. Этот способ сварки также обеспечивает защиту окружающей среды от воздействия вредного светового излучения дуги.

На выбор сварки также повлияло наличие широкого спектра серийно выпускаемого основного сварочного оборудования для дуговой сварки под флюсом и легкость автоматизации процессов. [7]

На рисунке 1.2 представлено сечение зоны горения дуги при сварке под слоем флюса.

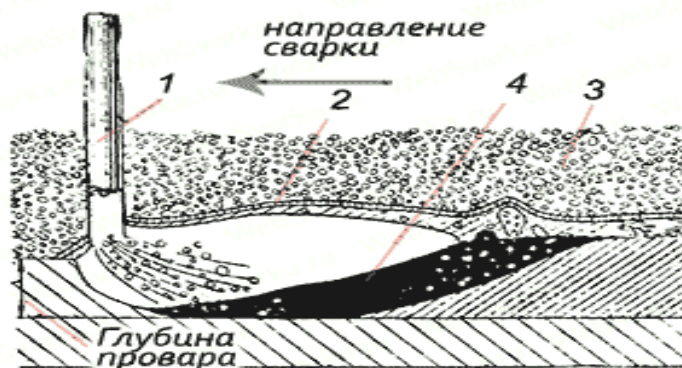


Рисунок 1.2 – Сечение зоны горения дуги при сварке под флюсом

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17



При сварке дуга погружена в слой флюса толщиной 30-50 мм и горит под оболочкой из расплавленного вязкопластичного шлака, в парогазовом пузыре, образуемом парами и газами, непрерывно создающимися сварочной дугой. Слой флюса устраняет дестабилизирующее механическое воздействие дуги на жидкий металл сварочной ванны уменьшая разбрызгивание жидкого металла и нарушения при формировании сварного шва при высоких значениях сварочного тока. Так при сварке в защитном газе механическое давление сварочной дуги на ванну жидкого металла ограничивает силу сварочного тока на уровне 550-600 А из за повышенного разбрызгивания металла и нарушения формирования оптимальной формы шва. Горение дуги под слоем флюса за счет гидростатического давления в газовом пузыре позволило увеличить значения сварочных токов в среднем до 1000-2000 А, а в отдельных случаях 3000-4000 А. Сварка под флюсом даёт возможность повысить сварочный ток в 6-8 раз по сравнению с открытой дугой с сохранением высокого качества сварки и отличного формирования шва [2, 3, 6,7].

Использование значительных величин сварочного тока позволяет получить мощную закрытую слоем флюса дугу, которая способна более глубоко проплавлять основной металл, что позволяет выполнять сварку без разделки кромок (до 20 мм), или уменьшить величину скоса кромок под сварку, в результате снижается доля участия присадочного металла в образовании металла сварного шва.

Дуга, стабильно горящая под слоем флюса, позволяет избежать потерь на угар и разбрызгивание, что позволяет уменьшить расход электродной проволоки и электроэнергии. [2, 3, 6, 7]

К недостаткам сварки под флюсом можно отнести невидимость места сварки, закрытого толстым слоем флюса, и довольно значительные расход и стоимость флюса. Невидимость места сварки повышает требования к точности подготовки и сборки изделия под сварку, затрудняет сварку швов

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						18
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

сложной конфигурации. Расход флюса по весу в среднем равняется весу израсходованной проволоки, и стоимость его оказывает существенное влияние на общую стоимость сварки.

К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания расплавленных флюса и металла. При дуговой сварке под слоем флюса необходимо проводить дополнительные операции: удаление не использованного флюса и шлаковой корки, установка выводных планок и механическая обработка торцов изделия после сварки. Слой флюса не позволяет контролировать формирование сварного шва.

Очевидные достоинства применения этого способа в промышленности при производстве конструкций из стали и сплавов:

- высокая производительность процесса;
- высокое качество и стабильность свойств сварного соединения;
- улучшенные условия работы операторов-сварщиков;
- более низкий, чем при ручной или механизированной сварке,

расход сварочных материалов и электроэнергии.

Сварка под флюсом обеспечивает хороший товарный вид изделия. Не требуется дополнительной обработки швов на зачистных машинах из – за отсутствия брызг расплавленного металла, отсутствия крупной чешуйчатости на поверхности шва. Этот способ сварки также обеспечивает защиту окружающей среды от воздействия вредного светового излучения дуги. [9]

На выбор сварки также повлияло наличие широкого спектра серийно выпускаемого основного сварочного оборудования для дуговой сварки под флюсом и легкость автоматизации процессов [8].

										Лис
										19
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.719 ПЗ					

## 1.5 Выбор сварочных материалов

### Присадочная проволока и флюс

Выбор сварочных материалов выполняют из условия получения металла шва равнопрочному основному, имеющего свойства (жаростойкость, жаропрочность, коррозионную стойкость и др.) не уступающие основному металлу.

Так как химический состав металла шва тесно связан с химической активностью флюса и составом сварочной проволоки, флюс для сварки различных марок углеродистой и низколегированной стали и марку проволоки выбирают одновременно, т.е. выбирают систему флюс-проволока. Для предупреждения образования в швах пор металл должен содержать не менее 0,2 – 0,4% кремния [2].

Выбираем сварочную проволоку Св – 08А. Химический состав проволоки Св – 08А по ГОСТ 2246 – 70 приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав проволоки Св – 08А, %, ГОСТ 2246 – 70 [22]

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
до 0,10	до 0,3	от 0,35 до 0,60	до 0,12	до 0,25	до 0,03	до 0,03

Низкоуглеродистая электродная проволока используется в сочетании с высокомарганцевистым (35-45% MnO) флюсом с высоким содержанием кремнезема (40-45% SiO<sub>2</sub>). Легирование шва кремнием и марганцем происходит за счет кремний- марганцевовосстановительных процессов, количество восстанавливаемого из флюса в шов легирующего элемента сравнительно не велико (Si ≤0,5; Mn≤0,9). [2]

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей наиболее широко используются широко распространенные флюсы АН-348А и ОСЦ-45.

Флюс АН-348А предназначен для механизированной сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей, нелегированной и низколегированной проволокой марок Св-08, Св-08ГА, при температурах эксплуатации конструкций до – 40 0С. Флюс с содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на верхнем пределе 2-2,5% рекомендуется только для сварки кремний- и марганце-содержащими проволоками [10] Другие модели (флюс АН-348А) флюса при меньшей устойчивости к ржавчине, выделяют гораздо меньшее количество вредных газов [11]. Химический состав флюса представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Химический состав флюса АН 348А, %, ГОСТ 9087 – 69, % [23]

SiO <sub>2</sub>	MnO	CaF <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
							Не более	
от 41,0 до 44,0	от 34,0 до 38,0	от 4,0 до 5,5	до 6,5	от 5,0 до 7,5	до 4,5	до 2,0	0,15	0,15

Флюс ОСЦ-45 предназначается для автоматической дуговой сварки широкой номенклатуры изделий. Сварочный флюс ОСЦ-45 применяется для автоматической сварки, при этом отмечается устойчивость горения дуги. Данный флюс широко используют для сварки углеродистых и низколегированных сталей, а также, для наплавки изделий из углеродистых и легированных сталей определенных типов.

Строение зерен флюса ОСЦ-45 - зерновидное, цвет коричневый, а их размер варьируется от 0,25мм до 3,0 мм. К плюсам сварочного флюса ОСЦ-45 можно отнести такие его свойства, как устойчивость к ржавчине, а также он дает достаточно плотные швы, которые устойчивы к появлению трещин

и пор [6, 11]. Этот флюс содержит меньшее количество фосфора по сравнению с флюсом АН-348 А. Недостатком флюса является выделение в несколько большем количестве фтористых газов, которые являются вредными для человека [6].

Вывод: учитывая большую устойчивость к ржавчине и меньшее содержание фосфора, для сварки нашей конструкций выбираем флюс ОСЦ-45. Химический состав флюса ОСЦ-45 по ГОСТ 9087 – 81 приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Химический состав флюса ОСЦ-45, %, ГОСТ 9087 – 69, % [23]

SiO <sub>2</sub>	MnO	CaF <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P
							Не более	
от 38,0 до 44,0	от 38,0 до 44,0	от 4,0 до 5,5	до 6,5	до 2,5	до 4,5	до 2,0	0,15	0,12

### Выбор защитного газа

Для сборки на прихватки сварочным полуавтоматом ПДГО – 508 УЗ по данному проекту, требуется защитная газовая среда. Однокомпонентные защитные газовые среды в индустриально развитых странах не применяются с начала 21 века. Их заменили на многокомпонентные защитные газовые смеси оптимизированного состава. Для качественной защиты дуги используются смеси полученные на основе аргона и гелия.

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей чаще всего применяют смесь Corgon 18 (прежнее название К18), содержащую 82% аргона и 18% углекислоты. Внедрение в производство сварочных смесей на основе аргона вместо чистой углекислоты, позволило существенно повысить качество сварки на имеющемся оборудовании и без

изменения технологии. Применение смеси Corgon 18 уменьшает разбрызгивание расплавленного металла за счет увеличения стабильности горения дуги на малых плотностях тока и за счет струйного переноса на значительных сварочных токах. При содержании в смеси более 20% углекислого газа режим струйного переноса становится неустойчивым [7].

Вывод: Для сварки нашей конструкций выбираем смесь Corgon 18 (К18)

Таблица 1.5 – Технологическая характеристика защитного газа Corgon 18 [24].

Защитный газ	I св , А	U д , В	Q, кг/ч	Y, %	a нб , %
82% Ar + 18% CO2	200-210	24-25	3	3,8	0,3
	300-310	30-31	5,3	2,9	0,3

## 1.6 Подготовка сварочных материалов

Все сварочные материалы, поступающие на участок сборки и сварки балок, должны быть упакованы согласно требованиям соответствующих стандартов и иметь сертификаты завода – изготовителя, удостоверяющие их качество [3, 6].

### *Сварочная проволока*

Сварочную проволоку для сварки под флюсом перед выдачей в производство необходимо очистить от ржавчины, загрязнений, масел. Проволока подвергается обработке на станке очистки и перемотки проволоки путем протягивания ее через вращающийся барабан, заполненный очищающими компонентами (наждак, кирпич и т.д.) с войлочными фильтрами. Для оценки полноты удаления с поверхности проволоки различных загрязнений необходимо протереть один – два раза чистой белой салфеткой поверхность проволоки, салфетка должна остаться

чистой. Проволока, намотанная в кассеты, не должна иметь резких перегибов. Намотку проволоки в кассеты производят с расчетом на сменную норму.

### *Сварочный флюс*

Флюс перед применением должен быть просеян для удаления пыли. Флюс должен состоять из однородных по строению зерен без включения инородных частиц.

### *Электроды*

Перед выдачей в производство электроды должны быть прокалены. Электроды прокаливают в объеме потребности одной смены в электрических печах при температуре 150° - 200°С. После прокалики электроды извлекают из печи и хранят в сушильных шкафах при температуре 80°- 90°С.

Неиспользованные в течении 4 часов электроды возвращают в прокалочную печь для повторной прокалики. Прокаливать электроды разрешается не более 3 раз.

## **1.7 Меры борьбы с напряжениями и деформациями при сварке**

При сварке металл сварного шва и околошовной зоны нагревается до высоких температур, в результате наблюдается расширение и удлинение свариваемой детали, особенно по оси шва. Одновременно, со стороны менее нагретых частей на разогретую до высоких температур зону воздействует усилия, вызывающие в нагретой зоне деформации укорочения. Значительная часть этой деформации в зоне прилегающей к сварному шву переходит в пластическую деформацию, которая затем, при остывании металла, становится источником возникновения остаточных растягивающих напряжений. Эти напряжения формируют в металле

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		24

скрытый запас энергии, который способен провоцировать разрушение металла околошовной зоны. и способствует активизации процесса коррозии [3, 5]..

Для снятия остаточных напряжений после сварки проводят термообработку. Применяют как общий нагрев конструкции (отпуск или отжиг), так и местный неравномерный нагрев [3].

В нашем случае для устранения деформация будет применен способ механической правки, позволяющий получить требуемую геометрию изделия и одновременно снять часть остаточных напряжений за счет реализации скрытой потенции металла (за счет остаточных напряжений) конструкции к деформированию.

### 1.8 Расчёт режимов сварки

Расчет параметров режимов сварки под флюсом низкоуглеродистой стали проведен по методике В.П. Демянцевича (из условий получения заданных геометрических размеров шва и наивысшей производительности)

При механизированной дуговой сварке угловые швы сваривают в положении “лодочки” электродом, расположенным вертикально. Эти швы с некоторым приближением можно рассматривать как стыковые с углом разделки  $90^\circ$  (рисунок 3).

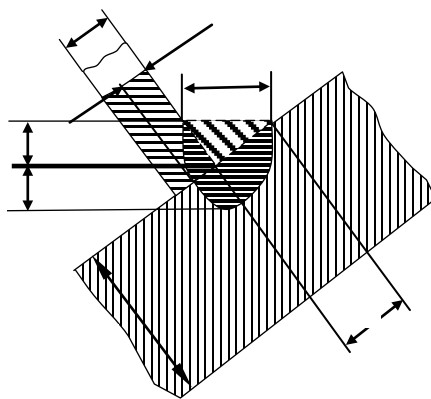


Рисунок 1.3 – Геометрические размеры шва

						ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата			25



Тип и конструктивные элементы шва принимаются в соответствии с ГОСТ 8713 – 79. По ГОСТ, учитывая толщину металла, вид соединения и условие обеспечения равномерного восприятия швам вертикальной нагрузки выбираем тип сварного соединения ТЗ. Расчет режима сварки углового шва без разделки кромок начинаем с определения катета сварного шва: толщина полки балки – 20 мм, толщина стойки – 12 мм. Принимаем катет равным толщине более тонкой детали:  $K=12$  мм.

При сварке под слоем флюса применяют сварочные проволоки диаметром от 2 до 6 мм изготавливаемые в соответствии с требованиями ГОСТ 2246-70, либо по специальным техническим условиям (ТУ).

Предварительно определить диапазон диаметров электродной проволоки можно через коэффициент мощности  $(0,29 \div 1,1)$  и принятой глубине проплавления [6]. Для обеспечения перекрытия сварных швов примем глубину проплавления равной 6мм. Рассчитаем диаметр электродной проволоки  $d_{эл} = (0,29 - 1,1) 6 = 1,8 \div 6$  мм.

Выберем значение диаметра электрода из стандартного ряда 2, 4, 5, 6 мм. Для обеспечения стабильности процесса и высокой производительности предпочтительнее выбирать диаметры из середины ряда. выберем:  $d_{эл} = 5$  мм.

Определим допускаемую плотность тока на основании выбранного диаметра электродной проволоки [4]

$$I_{cc} = \frac{\pi d^2 j}{4} \quad (1.1)$$

где  $j$  плотность тока,  $j = 40$  А/мм<sup>2</sup>

$$I_{cc} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 40}{4} = 780A$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						26
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Площадь наплавленного металла:

$$F_H = \frac{K^2}{2} + (q \cdot e \cdot 0,73), \text{ мм}^2 \quad (1.2)$$

где  $q$  – выпуклость сварного шва по ГОСТ 8713-79, мм;

$e$  – ширина сварного шва по ГОСТ 8713-79, мм.

$$F_H = \frac{10^2}{2} + (1,5 \cdot 14 \cdot 0,73) = 65 \text{ мм}^2$$

Напряжение на дуге

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{\sqrt{d_э}}, \text{ В} \quad (1.3)$$

$$U_g = 20 + \frac{0,05 \cdot 780}{\sqrt{5}} = 37 \pm 1 \text{ В};$$

Вылет электрода:

$$l_{эл} = 10 \cdot d_э, \text{ мм} \quad (1.4)$$

$$l_{эл} = 10 \cdot 5 = 50 \text{ мм};$$

Коэффициент расплавления

При сварке на постоянном токе обратной полярности коэффициент расплавления  $\alpha_p$  рассчитывается по формуле

$$\alpha_p = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{d_э^{1,035}} \cdot I_{св}, \text{ г/А} \cdot \text{ч} \quad (1.5)$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$\alpha_p = 6,3 + \frac{70,2 \cdot 10^{-3}}{5_3^{1,035}} \cdot 780 = 16,6$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св} \cdot 10^3}{\gamma \cdot F_H}, \text{ м/ч} \quad (6.6)$$

$$V_{св} = \frac{16,6 \cdot 780 \cdot 10^3}{7810 \cdot 65} = 25506 \text{ мм/ч} = 25,5 \text{ м/ч};$$

Принимаем скорость сварки – 26 м/ч.

Оценка формы углового шва

Значение сварочного тока, которое при данной скорости позволяет получить плоские швы, называют критическим.

Критическое значение сварочного тока

$$I_{кр} = I_0 + mV_{св}, \text{ А} \quad (1.7)$$

где  $I_0$  – условное значение тока при нулевой скорости, равное 350 А;

$m$  – коэффициент зависящий от диаметра электродной проволоки, А · ч/м,  $m = 10 \text{ А} \cdot \text{ч/м}$ .

$$I_{кр} = 350 + 10 \cdot 24,6 = 590 \text{ А}$$

т.к.  $I_{св} > I_{кр}$ , то шов будет выпуклый.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		28

*Основные размеры шва при сварке на принятом режиме*

Погонная энергия сварки

$$q_n = (I_{св} \cdot U_g \cdot \eta_{\text{э}}) V_{св}, \text{ Дж/см} \quad (1.8)$$

где  $\eta_{\text{э}}$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой.

$\eta_{\text{э}} = 0,85$  (для сварки под флюсом);

$$q_n = \frac{780 \cdot 37 \cdot 0,85}{0,67} = 36613 \text{ Дж/см};$$

Коэффициент формы проплавления

$$\varphi = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_g}{I_{св}}, \quad (1.9)$$

где  $K'$  - коэффициент, при плотностях тока меньше  $120 \text{ А/мм}^2$  и сварке на постоянном токе обратной полярности равный

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,1925}$$

$$(1.10)$$

$$K' = 0,367 \cdot 40^{0,1925} = 0,75$$

$$\varphi = 0,75 \cdot (19 - 0,01 \cdot 780) \cdot \frac{5 \cdot 37}{780} = 1,35$$

Глубина проплавления, мм при сварке под флюсом:

$$h'_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\varphi_{np}}}, \text{ мм} \quad (1.11)$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$h'_p = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{36613}{1,35}} = 11,3 \text{ мм}$$

Рассчитаем ширину шва при рассчитанных параметрах режима сварки:

$$e = h'_p \cdot \varphi_{np}, \text{ мм} \quad (1.12)$$

$$e = 11,3 \cdot 1,35 = 14,2 \text{ мм}$$

Заданная ширина сварного шва – 14 мм. Расчетное значение составило 14,2 мм, следовательно подрезов не будет.

Высота усиления:

$$q' = \frac{F_B}{e \cdot 0,73}, \text{ мм} \quad (1.13)$$

$$q' = \frac{15,33}{14,2 \cdot 0,73} = 1,5 \text{ мм}$$

Общая высота шва:

$$H = h'_p + q', \text{ мм} \quad (1.14)$$

$$H = 11,3 + 1,5 = 12,8 \text{ мм}$$

Глубина проплавления притупления  $h_0$ :

$$h_0 = H - f - q, \text{ мм} \quad (1.15)$$

где  $f$  – высота заполнения разделки, т.е. высота наплавленного металла, мм

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						30
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$$f = \sqrt{F_H^1}, \text{ мм (угол разделки } 90^\circ) \quad (1.16)$$

где  $F_y^1$  - площадь наплавленного металла для нормальных швов (без усиления), мм<sup>2</sup>.

$$f = \sqrt{50} = 5 \text{ мм};$$

$$h_0 = 12,8 - 5 - 1,5 = 6,3 \text{ мм};$$

Глубина проплавления вертикальной стенки  $S_B$ , мм:

$$S_B = h_0 = 6,3 \text{ мм};$$

Коэффициент формы углового шва:

$$\varphi = \frac{e}{H} \leq 2 \quad (1.17)$$

$$\varphi = \frac{14,2}{12,8} = 1,1 < 2;$$

Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{nn} = \frac{V_{св} \cdot F_H \cdot (1 + 0,01\psi) \cdot 4}{\pi \cdot d_3^2}, \text{ м/ч} \quad (1.18)$$

$$V_{nn} = \frac{24 \cdot 65 \cdot 4}{3,14 \cdot 25} = 79,5 \text{ м/ч};$$

Принимаем  $V_{nn} = 80$  м/ч. При расчетных режимах сварки сварной шов будет иметь следующие геометрические размеры ( рисунок 2.2)

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		31

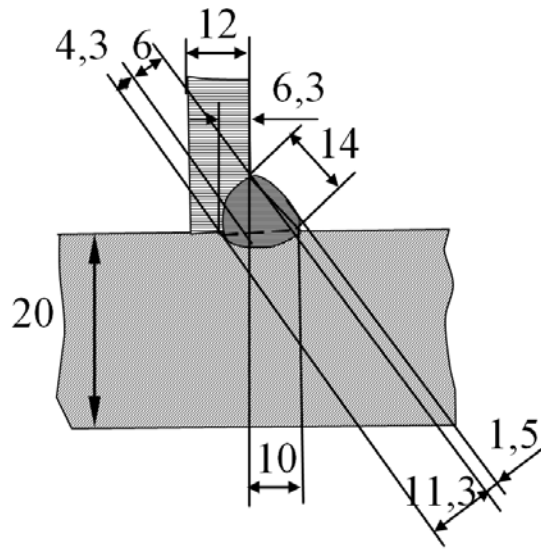


Рисунок 1.4 – Геометрические размеры сварного шва, мм

### 1.9 Оборудование, оснастка и приспособление

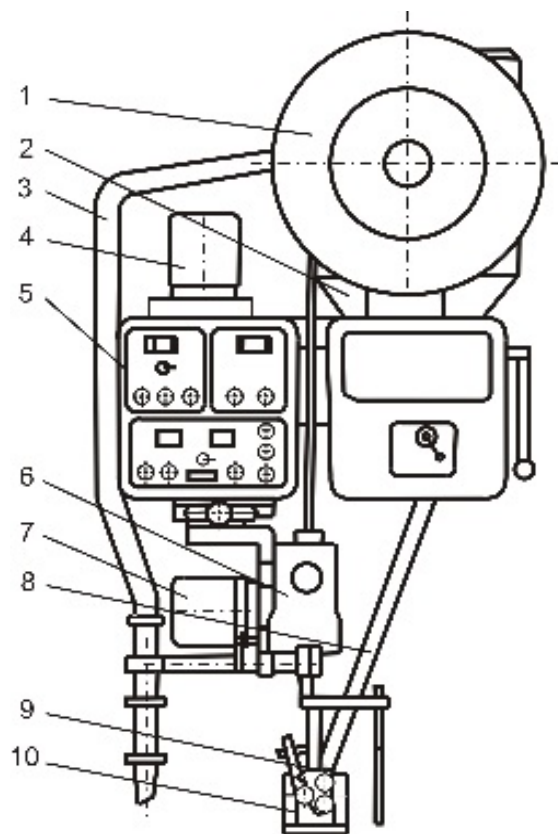
#### *Автомат сварочный*

Для сварки балки рекомендуется использовать сварочный Автомат А-1416.

А-1416 - автомат сварочный подвесной самоходный предназначен для однодуговой сварки и наплавки сплошной проволокой под слоем флюса.

Технические характеристики сварочного автомата А-1416:

- номинальный сварочный ток..... 1000А
- номинальный режим работы, ПВ..... не менее 100 %
- скорость подачи электродной проволоки..... 47-509 м/ч
- скорость сварки ..... 12-120 м/ч
- габаритные размеры автомата, мм:
- длина, ..... 930 мм
- ширина,..... 350 мм
- высота..... 1820 мм



1 – кассета для электродной проволоки, 2 – флюсобункер, 3 – флюсопривод для сбора лишнего флюса, 4 – привод асинхронного двигателя, 5 – пульт управления, 6 – правильно прижимной механизм для выпрямления проволоки, 7 – механизм подачи электродной проволоки, 8 – флюсопривод для подачи флюса в зону сварки, 9 – сварочная головка, 10 – отверстие для сыпки флюса

Рисунок 1.5 – Основные узлы сварочного автомата А-1416

Основные устройства и узлы автомата:

- флюсосистема, состоящая из флюсобункера 2, флюсоаппарата и флюсоприводов 3, 8;
- кассета 1 для электродной проволоки с тормозным механизмом против вращения кассеты по инерции;
- механизм подъема для регулирования положения мундштука по высоте (привод механический с передачей винт-гайка, а также привод асинхронного двигателя 4);



- механизм подачи электродной проволоки (привод от асинхронного двигателя 7, скорость подачи регулируется ступенчато с помощью сменных шестерен);

- правильно-прижимной механизм 6 для выпрямления электродной проволоки и прижима его к ролику механизма подачи;

- мундштук 9, у которого имеется концентрическое отверстие для сыпки флюса 10 и поверхность с прижимным роликовым механизмом (ролик установлен на подпружиненном рычаге, через который подводится ток к электроду);

- пульт управления 5, на передней панели которого расположены все органы управления и приборы

#### *Сварочный выпрямитель*

Выпрямитель сварочный универсальный тиристорный стационарный ВДУ – 1202 с принудительной вентиляцией с падающими и двумя видами жестких характеристик предназначен для комплектации автоматов для сварки под флюсом и в среде углекислого газа.

#### Технические данные:

Первичная мощность, кВА	120
Первичный ток, при номинальной нагрузке, А	180
Номинальный сварочный ток. А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	250 ÷ 1250
Номинальная продолжительность работы, ПВ, %	100
Номинальное рабочее напряжение, V	56
Пределы регулирования рабочего напряжения, V	24 + 76
Напряжение холостого хода, V	85
КПД, %	83
Габаритные размеры, мм:	
Длина	1000

Ширина	685
Высота	885
Масса, кг	540

*Полуавтомат сварочный*

Для сборки на прихватки внешнего и внутреннего шва обечайки понадобится сварочный полуавтомат ПДГО-508 представлен на рисунке 8.



Рисунок 1.6 – Сварочный полуавтомат ПДГО-508

Полуавтомат предназначен для сварки на постоянном токе малоуглеродистых, низко и среднелегированных, коррозионностойких сталей сплошной или порошковой сварочной проволокой диаметром от 1,6 до 3,2 мм.

Механизм подачи типа «компакт» состоит из привода и системы подачи защитного газа. На лицевой панели аппарата располагаются регуляторы управления сварочными режимами. Кассета и тормозное устройство расположены на вынесенной раме позади основного корпуса подающего механизма. Подающий механизм предназначен для работы с горелкой оснащенной евроразъемом. Аппарат имеет инверторный источник питания, плавную регулировку скорости подачи сварочной проволоки, автоматическое управление источником питания и газовым клапаном от кнопки расположенной на корпусе горелке. Газовая аппаратура полуавтомата состоит из автоматического газового клапана и редуктора-

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		35

расходомера, который закрепляется на баллоне с защитным газом и служит для снижения давления газа и регулирования его расхода.

При нажатии на кнопку «пуск» на корпусе сварочной горелки запуск источник питания, продувка защитным газом и задержка подачи электродной проволоки происходит автоматически. При выключении задержка подачи газа так же выполняется автоматически в соответствии с предварительными настройками.

Полуавтомат ПДГО-508 универсальный, передвижной. Имеет несколько вариантов конструктивного исполнения: с питанием в нашем случае от ВДУ-506.

Выпрямитель ВДУ-506 относится к современным аппаратам с тиристорным управлением, имеет встроенный блока снижения напряжения холостого хода. В соответствии с требованиями НАКС установлено термореле и сигнальная лампа перегрева на лицевой панели. Источник питания позволяет регулировать индуктивность регулировкой дросселя в цепи управления с целью управления переносом капли электродного металла [12].

Технические характеристики выпрямителя ВДУ-506 У2:

Номинальный сварочный ток, А	500
Первичное напряжение, В	380
Продолжительность нагрузки ПН, %	60
Номинальная первичная мощность, кВА	36,6
Напряжение холостого хода, В	80
Номинальное рабочее напряжение, В	28
Пределы регулирования сварочного тока, А	70 – 530
КПД, %	84
Габаритные размеры, мм:	
длина	585
ширина	555

высота	850
Масса, кг	160

### Оборудование для зачистки кромок

Металл, идущий на изготовление сварных конструкций, предварительно очищают. Очистка свариваемых кромок должна быть выполнена до сборки узла. Металл в месте сварки тщательно очищают от ржавчины, пор и других дефектов на ширину 25 – 30 мм от стыка. Особое значение следует уделить зачистке металла в зазоре остающемся между кромками.

Если в зазор уже собранного узла попали загрязнения, его следует тщательно продуть сжатым воздухом или прожечь пламенем горелки. В представленной работе для зачистных работ предлагается использовать электрошлифовальную машину BOSCH, представленную на рисунке 3, шлифовальный круг 80-10-20 25А СМ26К56.

Маска из органического стекла С-40 ТУ6 4-1-456-700-для защиты глаз рабочего от вредного воздействия. Зачистке подлежат места не менее 20 мм до чистого металла. Техническая характеристика электрошлифовальной машины BOSCH представлена в таблице 1.7.



Рисунок 1.7 - Электрошлифовальная машина BOSCH

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		37

Таблица 1.6 – Техническая характеристика

Параметры	Значение
Мощность	250 Вт
Питание от сети	250 Вт
Диаметр шлифовального круга	125 мм
Число оборотов	7,500- 12000 об/мин
Частота колебаний	15000-24000 к/мин
Амплитуда колебаний	1,25 мм
Диапазон колебаний	2,5 мм
Вес	1,3 кг

### Обработка швов после сварки

После сварки производят зачистку сварного шва от шлаковой корки и дальнейший контроль внешним осмотром.

Сварные швы зачищают, применяется электрошлифовальная машина BOSCH, шлифовальный круг 80-10-20 25А СМ26К56. Маска из органического стекла С-40 ТУ6 4-1-456-700.

### Обработка кромки

Кромкорез ВМ 20 предназначен для обработки кромки стальных листов перед сваркой и позволяет снимать фаску в пределах от 15 до 60 градусов, а также торцевать кромку. Предназначен для эксплуатации в условиях серийного и мелкосерийного производства.



Рисунок 1.8 – Кромкофрезерная машина ВЕКТОР ВМ 20

Таблица 1.7 – технические характеристики ВЕКТОР ВМ 20

Напряжение питающей сети	220 В
Потребляемый ток	12 А
Скорость обработки	90 м/ч
Максимальная ширина среза	20 мм для угла 45°
Диапазон регулировки угла среза	15-60°
Масса	20,5 кг

### Оборудование для резки листового проката

Машина термической резки ASOIK Compact предназначен для резки листового металла. ASOIK Compact представляет собой полноценную портальную машину для промышленного применения. Машина обладает высочайшими характеристиками в своем классе. Обладает выверенным конструктивом, жесткой конструкцией, высокой точностью изготовления. Установка позволяет вырезать детали сложной формы с высокой точностью.

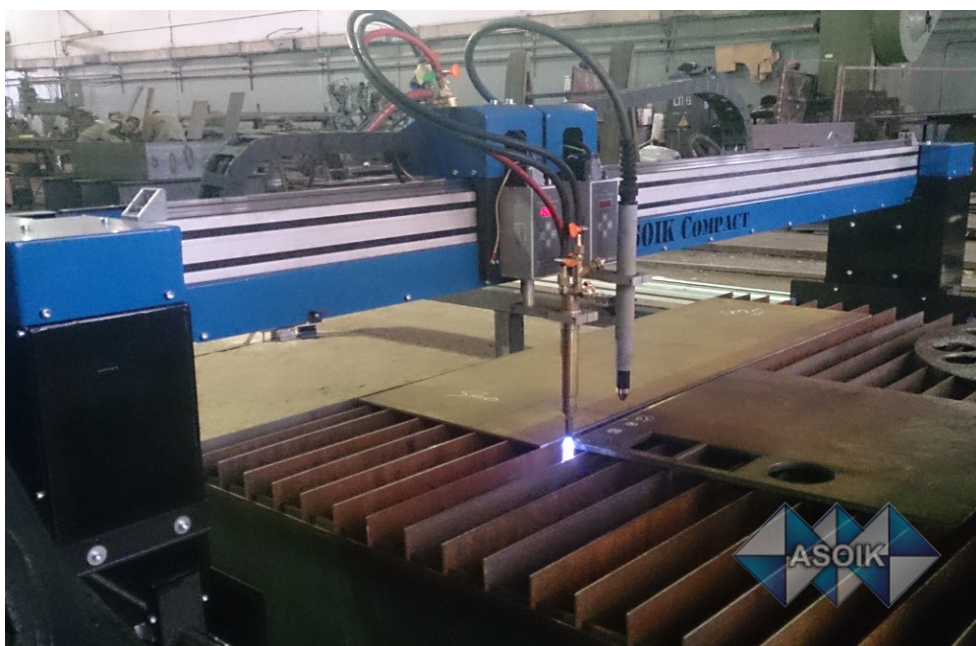


Рисунок 1.9 - Машина термической резки ASOIK Compact

Таблица 1.8 - Технические характеристики машины термической резки с ЧПУ ASOIK Compact

Параметр	Значение, содержание
Вид приводных устройств	Шаговые двигатели постоянного тока с обеих сторон портала и моторредукторы
Ширина обрабатываемой зоны, мм	от 1600 до 2200
Длина обрабатываемой зоны	от 3000 до 12000
Точность позиционирования, мм	0,5
Скорость перемещения на холостом ходу, мм/мин	до 8000
Виды режущих сред	Плазма/газ
Диапазон толщин разрезаемой стали, мм	1—80
Напряжение питающей сети	220В/50Гц
Максимальная потребляемая мощность при плазменной резке, кВт	23

### 1.10 Сборочные и сварочные установки

#### *Установка для сборки балок*

В исходном варианте сборка балки осуществлялась на сборочной плите.

В проектируемом варианте сборку предполагается осуществлять на стенде с самоходным сборочным порталом оборудованном пневмоприжимами. Стенд предназначен для сборки на прихватках двутавровых балок длиной до 14 м, высотой 260 – 1000 мм, шириной пояса до 800 мм и толщиной пояса до 50 мм.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		40

Стенд для сборки состоит из двух основных частей: стационарного стеллажа – стенда, на котором укладывается и собираются элементы балки, и передвижного портала с пневмоприжимами для сборки двутавра.

Для постановки прихваток используем полуавтомат ПДГО-508.

#### *Установка для сварки*

Установка для сварки двутавровой балки должна обеспечивать перемещение сварочного самоходного аппарата вдоль свариваемого соединения по рельсовому пути, обеспечивать установку свариваемого изделия в сварочное положение и удержание его в этом положении во время сварки. Учитывая все эти требования в данной работе производится проектирование установки, скомпонованной из типового механического и электротехнического оборудования:

*Установка для сварки* включает в себя:

- двухстоечный кантователь, с кольцевыми поворотными устройствами, позволяющий устанавливать и удерживать свариваемое изделие в положении удобном для сварки.

- сварочный автомат А-1416;

- тележки велосипедного типа, на которой размещена сварочная колонна;

- источник питания ВДУ – 1202

Выбор такой схемы установки основывается на том, что швы сварного соединения имеют большую протяженность, из-за чего возникает необходимость точного направления электрода вдоль оси шва. Возникающие сварочные деформации в процессе сварки при большой длине швов вызывают также необходимость корректировки оси электрода вдоль оси шва.

Наличие четырех швов у свариваемого изделия вызывает необходимость в кантовке изделия после каждого наложения шва.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



Учитывая все эти сложности при сварке изделия, можно сделать вывод, что принятая схема сварочной установки наиболее полно удовлетворяет требованиям по устранению трудностей, возникающих при сварке.

*Кантователь двухстоечный с поворотными кольцевыми устройствами*

Предназначен для поворота балочных конструкций, сечение которых близко к квадратному.

Технические данные:

Грузоподъемность, т	до 10
Наибольший диаметр кантуемого изделия, мм	2200
Угол поворота, град	± 360
Номинальная мощность, кВт	10
Скорость вращения двигателя, мин <sup>-1</sup>	950
Ход пиноли, мм	250
Габаритные размеры, мм	
длина	15000
ширина	1400
высота	1670

### **1.11 Устройство и работа составных частей**

*Установка для сборки балок*

Установка для сборки балок состоит из стенда и передвижного портала. Стенд состоит из фундаментальной рамы и двух продольных балок, служащих опорой для стенки собираемого двутавра. Одна из опорных балок может передвигаться по раме параллельно самой себе и устанавливается в соответствии с высотой собираемой двутавровой балки.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		42

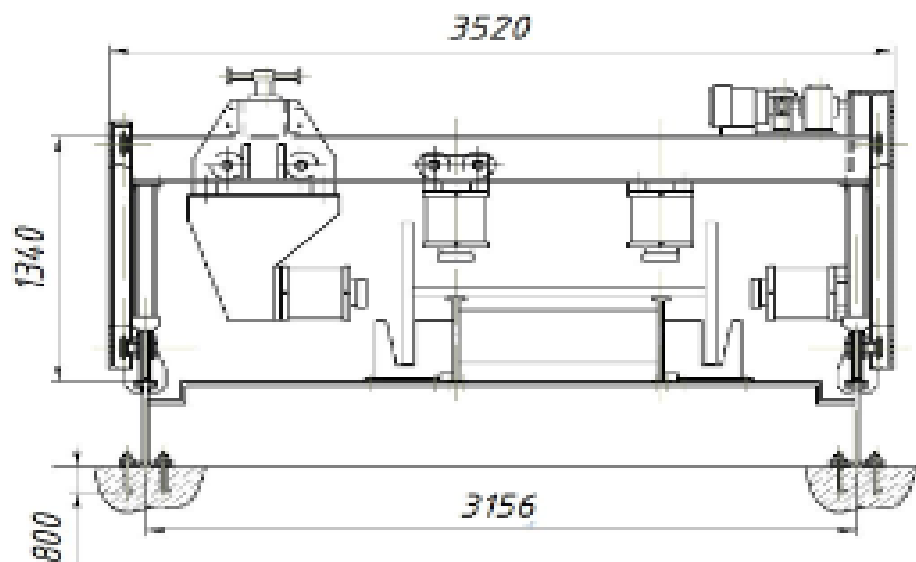


Рисунок – 1.10 – Установка для сборки балок

Передвижение опорной балки производится несколькими горизонтальными винтами, которые приводятся во вращение электродвигателем через редуктор, продольный вал и конические передачи. Самоходный сборочный портал снабжен двумя вертикальными пневмоприжимами для прижатия пояса собираемого двутавра к опорным балкам и двумя горизонтальными пневмоприжимами для прижатия поясов к стенке двутавра. Один вертикальный пневмоприжим и один горизонтальный установлены на портале неподвижно, а другие два подвешены к кареткам и могут передвигаться по ригелю портала для установки на необходимый размер собираемого двутавра. Портал передвигается по рельсовому пути, смонтированному на раме, с помощью электропривода кранового типа со скоростью 30 м/мин. для удобства снятия собранной балки предусмотрены специальные пневмотолкатели.

При сборке двутавра его стенка укладывается на опорные балки, а пояса – вдоль этих балок на опорные винты, установленные на определенную высоту. Портал, передвигаясь вдоль собираемого изделия, останавливается напротив мест прихваток. Включаются прижимы, выполняется сборка, после чего производится прихватка собираемых

							ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата				43

элементов. Затем прижимы отводят, портал подводится к месту следующих прихваток, и цикл повторяется.

### *Двухстоечный кантователь*

Двухстоечный кантователь состоит из двух стоек (передней и задней бабки) и поворотного кольца. На передней стойке установлены электромеханический привод поворота изделия и блок управления. Поворот (кантование) свариваемого изделия осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор, цилиндрическую зубчатую передачу, вал и шпиндель. При этом закрепленная в зажимах балка поворачивается вокруг своей горизонтальной оси.

Задняя бабка подвижная и при помощи передачи винт - гайка может осуществляться предварительная подготовка кантователя к работе с балками разной длины. Пиноль задней бабки имеет электромеханический привод. Фиксация положения пиноли – ручная, поворотом рукоятки стопорного механизма. Для исключения прогиба балки в качестве центрального поддерживающего устройства используется поворотное разъемное кольцо.

### *Сварочный автомат*

Сварочный автомат состоит из следующих основных узлов: сварочной головки, подъемного механизма, флюсоаппарата, штанги, тележки и др.

Автомат А – 1416 снабжен электродвигателями постоянного тока, что позволяет регулировать скорости подачи и сварки. Подъем и опускание головки, закрепленной на нижнем торце вертикальной штанги, механизированы. Ходовая тележка наряду с рабочей скоростью, обеспечивает возможность быстрого перемещения автомата на маршевой скорости, не нарушая настройки рабочей скорости. Флюсовый аппарат

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		44

состоит из двух камер – верхней и нижней, изолированных заслонкой. Верхняя камера находится под разряжением и служит для отсасывания нерасплавленной части флюса, нижняя является емкостью, из которой флюс периодически сыпается в зону сварки.

Для слежения за положением сварочной головки относительно свариваемого стыка автомат укомплектован следящей системой EWM Laser 34JT состоящей из лазерного датчика положения и корректирующего привода для поперечного перемещения головки.[5]

### **1.12 Первоначальный пуск установки**

Для начала сварки изделия необходимо настроить сварочный аппарат:

- Установить кассету со сварочной проволокой. Заправить ее через блок направляющих роликов подающего механизма;
- Заполнить флюсобункер аппарата флюсом;
- На коробке редуктора подающего механизма установить необходимую скорость подачи электродной проволоки;
- Произвести настройку режимов сварки в соответствии с технологией

### **1.13 Порядок работы установки для сварки**

- После сборки установить изделие с помощью мостового крана на кантователь.
- Переместить сварочную головку вдоль свариваемого стыка. При необходимости скорректировать положение катушек балки.
- Установить сварочный автомат над изделием в положении для сварки

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

- С помощью корректирующего устройства установить горелку строго по центру соединения. Направление электродной проволоки по стыку корректируется в процессе сварки следящим устройством EWM Laser 34JT .
- Включить источник питания, систему охлаждения горелок, запустить систему слежения и коррекции;
- Включить автомат, после выполнения сварного шва отключить автомат. Произвести подъем сварочной горелки.
- Перекантовать балку. Повторять цикл до полной сварки балки.

#### 1.14 Стенд для правки грибовидности

Основными узлами стенда являются станок для правки СПГ-10 и восемь рольгангов. Общий вид станка СПГ-10 представлен на рисунке 1.11.

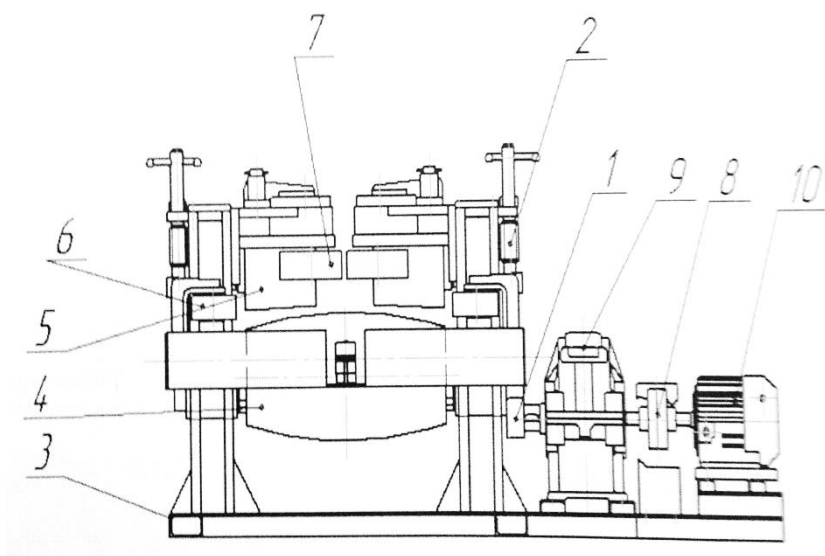


Рисунок 1.11 – Станок для правки грибовидности СПГ-10

Перед пуском станка в работу его необходимо настроить, т.е развести поддерживающие ролики 7 на расстояние, соответствующее толщине стенки балки, развести нажимные 6 ролики на ширину нижней полки и

обеспечить необходимый зазор между верхней точкой ведущего ролика 4 и нижней точкой нажимных роликов 5.

Ведущий ролик 4 получает вращение от электродвигателя 10, муфты 8, редуктора 9 и открытой зубчатой передачи 1. Нажимные ролики 5 вращаются на эксцентричных осях благодаря трению между движущейся в процессе правки балки и роликами. Необходимый зазор между ведущим роликом 4 и нажимными роликами 5 в зависимости от размеров балки достигается через червячную передачу 2 и эксцентричные оси.

Поддерживающие ролики 7 посажены на эксцентричных осях и получают вращение благодаря трению между балкой и роликами. Посредством делительных устройств имеется возможность регулировать зазор между роликами на размер толщины вертикальной стенки сваренного профиля.

Рольганги служат для перемещения балки до агрегата и принятия балки после правки. Рольганг состоит из вала, посаженного на два подшипниковых узла, рамы, электродвигателя АО2-32, редуктора ЦУ-160 и зубчатой пары. Крутящий момент от электродвигателя через муфту подается на редуктор, затем на зубчатую пару и на валок.

Рольганги расположены слева и справа от станка по 4 штуки в ряд на одной раме, состоящей из трех двутавров, расположенных вдоль линии подачи балки под правку.

Общий вид станда для правки изображен на рисунке 1.12.

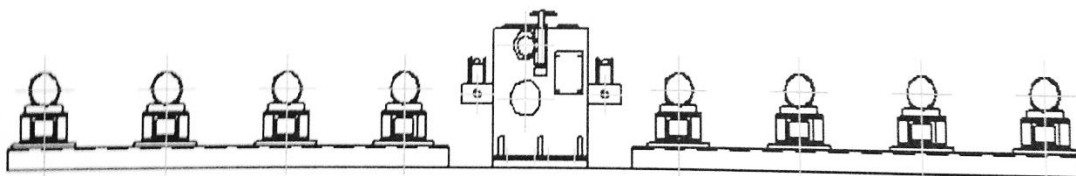


Рисунок 1.12 – Стенд для правки грибовидности

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		47

Техническая характеристика станда для правки грибовидности приведена в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Техническая характеристика станда для правки

Характеристика	Значение
Максимальные размеры подвергающихся правке балок, мм:	600
ширина горизонтальной полки	30
толщина полок	Неограниченно
высота профиля	
Скорость правки м/мин:	10,9
теоретическая	10
с учетом 8% пробуксовки	
Привод станка:	
а) электродвигатель:	АО 62-6
тип	7
мощность, кВт	980
число оборотов, мин <sup>-1</sup>	
б) редуктор	РМ-400-І-1 ц
тип	48,57
передаточное число	
привод рольгангов:	АО2-32
а) электродвигатель:	5,5
мощность, кВт	1020
число оборотов, мин <sup>-1</sup>	ЦУ-160
б) редуктор	32,6
передаточное число	16500×2380×1100
Габаритные размеры, мм:	

Для предотвращения смещения балки с оси агрегата во время правки исправляемый пояс поджимается роликами, которые с помощью винтовой пары выставляются на требуемую ширину пояса.

Также для сохранения равновесия балки используются зажимные ролики стенки, которые регулируются кулачковым механизмом в зависимости от толщины стенки.

Работа станда для правки грибовидности заключается в следующем: краном балка подается на входные рольганги, верхние валки устанавливаются на требуемую величину деформации. Рольгангом балка подается к правильному станку, включается привод нижнего вала. Балка

несколько раз проходит через станок до полной правки пояса. Затем балка переворачивается, и правке подвергают другой пояс [1].

### 1.15 Технология изготовления

Технологический процесс изготовления балок двутаврового сечения состоит из следующих операций:

- Сборки балок;
- Сварки балок;
- Правки балок на станке правки грибовидности;
- Отделочных операций.

Сборка балки производится на стенде с самоходным сборочным порталом.

Сборка двутавровой балки производится на прихватках. Основные параметры наложения прихваток берутся из справочных данных. Прихватки проставляются РДС. Сборка на прихватках должна обеспечивать транспортировку балки к месту сварки без изменения взаимного расположения свариваемых деталей.

Сварка поясных швов балки производится механизированной сваркой под флюсом. При выполнении поясного шва его начало и конец выводятся на выводные планки, удаляемые после сварки кислородной резкой.

Положение свариваемых конструкций должно обеспечивать наиболее удобное и безопасное условие для работы сварщика и получение надлежащего качества швов. Исходя из этого, сварка поясных швов производится в положении “лодочка”.

						ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата			49



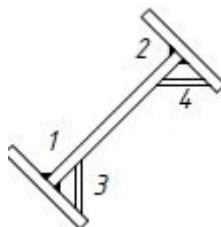


Рисунок 1.12 – Порядок наложения поясных швов.

Для уменьшения деформаций от сварки необходимо при сварке балки выполнять сварные швы в определенной последовательности (рисунок 2.3).

Вводные и выводные планки вырезаются на гильотинных ножницах, кислородной резкой, в нашем случае машиной термической резки ASOIK Comrast, в ходе раскроя листов. Планки изготавливают из деловых отходов той же марки стали, что и сама конструкция.

### Технологическая схема

#### 01 Входной контроль

01.1 Листовая заготовка должна быть правленой на листопрямильных машинах в холодном состоянии, не должна иметь трещин и расслоений, заусениц, загрязнений, ржавчины;

01.2 Допускаются прогибы заготовки не более 0,25 мм на 1 м. Длины заготовки;

01.3 Серповидность стенки балки и палок не должна превышать 0,1 мм на 1 м. Длины балки;

01.4 Если на деталях балки имеются стыковые сварные швы, то на сборку такие элементы поступают со снятым усилением, которое удаляется на участке, длина которого равна толщине стенки плюс 5 – 10 мм в каждую сторону для того, чтобы при сборке не образовался зазор, который может привести к прожогу.

01.5 Контролировать геометрические размеры кромок, качество их обработки и габаритные размеры полок и стенки балок.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		50

Инструменты: рулетка ГОСТ 7502 – 80,  
угольник поверочный,  
штангенциркуль

#### 02 Подготовка основного металла

Перед сваркой проплавляемые поверхности и примыкающие к ним зоны металла на ширину не менее 20 мм, должны быть зачищены от шлака, ржавчины, масла, влаги, других загрязнений.

Инструменты: щетка металлическая,  
шлифмашинка,

#### 03 Контроль

Контролировать качество обработки свариваемых поверхностей: указанные места должны быть обработаны до металлического блеска. Наличие на них окалины, масел и других загрязнений недопустимо.

#### 04 Подготовка сварочных материалов

04.1 Проволоку сварочную Св – 08А обезжирить.

04.2 Флюс сварочный прокалить в термопечи при температуре 300 – 400 °С в течение 1 часа.

04.3 Электроды Э – 50А, марки УОНИ 13/55 прокалить в электрических печах при температуре 150 – 200 °С.

Оборудование и материалы:

Термопечь для прокалики флюса и электродов

Уайт - спирт

#### 05 Контроль

Выполнить контроль подготовки сварочных материалов.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		51

06 Подготовительная

06.1 Подготовить оборудование для сборки, инструмент и приспособления;

06.2 Настроить кондуктор на заданные размеры. Регулировать винты подвижных опор по высоте и регулировать положения самих подвижных опор по ширине полок балки.

Оборудование: сборочный кондуктор.

07 Транспортная

Застропить стенку балки и подать ее на стенд.

Оборудование: кран мостовой, эксцентриковые захваты.

08 Сборка

08.1 Установить стенку балки на стенде в горизонтальном положении.

08.2 Отстропить

Оборудование: сборочный кондуктор

кран мостовой

эксцентриковые захваты

09 Транспортная

09.1 Застропить полки

09.2 Подать к месту сборки

09.3 Установить вертикально в кондуктор

09.4 Выправить торцы собираемой балки

09.5 При необходимости откорректировать регулировку боковых опор кондуктора.

096 Установить полки балки в кондуктор, выдержав зазор между стенкой и полкой балки  $0^{+1}$  мм.

09.7 Отстропить детали

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		52

оборудование:

мостовой кран

сборочный стенд

эксцентриковые захваты

10 Контроль установки полок и стенки балки

10.1 Контролировать перпендикулярность полок стенки балки

10.2 Контролировать зазор между стенкой и полкой балки  $0^{+1}$  мм.

Оборудование и инструменты:

Сборочный кондуктор

Угольник поверочный  $90^\circ$

Рулетка

Щуп или шаблон

11 Сборка

11.1 Вертикальными прижимами прижать лист вертикальной стенки к раме установки.

11.2 Горизонтальными прижимами к кромке вертикальной стенки прижать пояса.

Оборудование: сборочный кондуктор

12 Контроль

Проверить взаимное расположение деталей

13 СБОРКА

13.1 В собранном сечении произвести прихватку деталей РДС  
 $K = 4$  мм

$L_{\text{пр}} = 30$  мм , шаг прихватки 250 мм-электродом типа Э – 50А, марки УОНИ 13/55,  $I_{\text{св}}=160$ А,  $U_{\text{д}}=26$ В;

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

13.2 Выключить прижимы и передвинуть портал кондуктора на 500 мм

13.3 Повторить операцию 11 и 12

13.4 Прихватить балку по всей длине.

13.5 Отвести портал в крайнее положение

13.6 Поднять собранную балку пневматическими подъемниками над рамой установки

Оборудование: сборочный стенд, пост РДС.

14 Контроль качества сборки

Выполнить контроль качества сборки балки в соответствии с допустимыми предельными отклонениями:

- Зазор между полкой и спинкой балки  $0^{+1}$  мм;
- Высота балки  $\pm 2$  мм
- Перекос полок стержня 0,005 ширины полки балки
- Смещение оси стенки балки от проектного положения  $\pm 1,5$  мм

Инструмент: рулетка ГОСТ 7502 – 80

набор щупов № 4 ГОСТ 882 – 75

угольник поверочный 90° ГОСТ 3749 – 77

15 Транспортная

15.1 Передать собранную балку на сварку

15.2 Подъем балки с кондуктора и ее транспортировку производить с помощью крючковых захватов и строп соответствующей грузоподъемностью.

Оборудование и приспособления:

мостовой кран

крючковые захваты.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		54

## 16 Транспортная

Установить собранную балку на сварочный кантователь в положение “в лодочку” стороной противоположной к прихваткам.

Оборудование:

мостовой кран

кантователь двухстоечный

## 17 Подготовительная операция

17.1 Установить сварочный аппарат над кантователем

17.2 Установить сварочный аппарат на начало стыка в положение для сварки

17.3 Настроить сварочный аппарат на необходимый режим сварки:

- сварочный ток, А	780
- напряжение дуги, В	25
- скорость сварки, м/ч	26
- диаметр электрода, мм	5
- вылет электрода, мм	50
- высота слоя флюса, мм	40
- скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	80

17.4 Зачистить свариваемые кромки

Оборудование: сварочный аппарат А-1416 с катушкой балкой

машинка ручная пневматическая с абразивным

кругом

## 18 Сварка

Выполнить первый поясной шов.

Оборудование: автомат сварочный А – 1416

## 19 Слесарная

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		55

19.1 Зачистить шлаковую корку со сварных соединений

19.2 Зачистить сварные соединения и прилегающие к ним участки от шлака, окалины, остатков флюса.

Инструменты: зубило слесарное

молоток

щетка металлическая

машинка электрическая с наждачным кругом

20 Кантовка

20.1 Перекантовать балку на 180° для выполнения второго поясного шва

20.2 Установить в положение “в лодочку”

Оборудование: двухстоечный кантователь

21 Слесарная

Зачистить свариваемые кромки

Инструмент: машинка ручная пневматическая с абразивным кругом

22 Сварка

Выполнить второй поясной шов

Оборудование: сварочный автомат А – 1416

23 Зачистка сварных соединений. См. операцию 19.

24 Кантовка

24.1 Перекантовать балку для выполнения третьего поясного шва.

24.2 Установить балку в положение в “лодочку”

Оборудование: сварочный аппарат А – 1416, двухстоечный кантователь

25 Слесарная

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		56

Зачистить свариваемые кромки

Инструмент: машинка ручная пневматическая с абразивным кругом

26 Сварка

Выполнить третий поясной шов

Оборудование: сварочный автомат А – 1416

27 Зачистка сварных соединений. См. операцию 19.

28 Кантовка

28.1 Перекантовать балку для выполнения четвертого поясного шва.

28.2 Установить балку в положение “в лодочку”

Оборудование: двухстоечный кантователь

29 Слесарная

см. операцию 21

30 Сварка

Выполнить четвертый поясной шов

Оборудование: сварочный автомат А – 1416

31 Расчистка сварных соединений. См. операцию 19.

32 Слесарная

Срезать вводные и выводные планки

Оборудование и инструмент: двухстоечный кантователь

резак ручной газорезательный

33 Контроль качества сварных соединений

33.1 Выполнить контроль геометрических параметров сварных соединений;

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		57



33.2 Произвести контроль качества сварных соединений на наличие пор, трещин, шлаковых включений, несплавлений по кромкам, непроваров в корне шва, подрезов и прожогов внешним осмотром;

33.3 Выполнить контроль качества сварных соединений ультразвуковым методом. Инструменты и оборудование:

штангенциркуль  
универсальный шаблон  
сварщика  
ультразвуковой дефектоскоп

34 Транспортная

Передать балку на правку

Оборудование: кран мостовой

стропы, крючковые захваты

35 Правка

35.1 Подать балку к месту правки

35.2 Проверить внешним осмотром

35.3 Установить балку на рольганг станка для правки грибовидности

35.4 Править грибовидность полки балки

35.5 Застропить балку, повернуть на 180°, отстропить

35.6 Править грибовидность противоположной полки балки

35.7 Передать стержень на срезку и фрезеровку торцов.

Оборудование и инструменты:

- кран мостовой;
- стропы;
- крючковые захваты;
- станок для правки грибовидности;

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		58

### 36 Контроль качества сварных соединений

36.1 Выполнить контроль геометрических параметров сварных соединений – визуально-измерительный контроль;

36.2 Произвести контроль качества сварных соединений на наличие пор, трещин, шлаковых включений, несплавлений по кромкам, непроваров в корне шва, подрезов и прожогов внешним осмотром;

36 Обработка торцов балки;

Фрезеровать торцы балки

Оборудование: торцефрезерный станок

### 1.16 Контроль качества готового изделия

Сварные швы контролируются визуально-измерительным методом при помощи универсального шаблона сварщика УШС-3, лупы 4<sup>x</sup>-10<sup>x</sup>, мерительных инструментов, стандартных образцов.

Строительные балки относятся к категории ответственных изделий, поэтому для выполнения операции неразрушающего контроля качества протяженных сварных швов возможен выбор рентгенографического или ультразвукового методов контроля. Ультразвуковой метод контроля требует особой подготовки – зачистку зоны контроля. Радиографический способ требует наличия специального помещения [14].

Форма детали затрудняет применение радиографического контроля, поэтому используем ультразвуковой метод. предварительную подготовку поверхности выполним еще перед сваркой, во время механической обработки свариваемых поверхностей под сварку. Сварка под флюсом исключает появление брызг, поэтому остывшее изделие может быть подвержено УЗ - контролю после зачистки сварных швов[13,14].

						ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата			59

Для осуществления контроля выберем ультразвуковой дефектоскоп «ТОМОГРАФИК УД4-Т»

Технические характеристики:

- диапазон рабочих частот, МГц: 0,2...10;
- диапазон измеряемых глубин, мм: 0,5...5000 (+0,1);
- динамический диапазон, дБ: 140;
- глубина временной регулировки чувствительности, дБ: 80;
- длительность развертки, мкс: 8...1600;
- построение кривой ВРЧ: ручное и автоматическое до 256 точек;
- погрешность измерения координат дефекта, мм: не более 0,1;
- погрешность измерения эквивалентной площади, % не более 10;
- погрешность измерения временных интервалов, мкс: не более 0,025;
- встроенный архив результатов контроля, записей: 500;
- встроенный архив настроек, записей: 500.

## 2 Экономический раздел

### 2.1 Методика расчета экономической эффективности [20, 21]

Целью расчета экономической эффективности является обоснование, с помощью экономических показателей целесообразности внедрения

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		60

механизированных установок для сборки и сварки под флюсом строительных балок.

Для определения экономической эффективности выбрана сравнительная методика, где базовая и предлагаемая технологии сравниваются по статьям калькуляции себестоимости.

Определяется срок окупаемости дополнительных финансовых вложений, необходимых для реализации проектного варианта.

Действующая технология подразумевает изготовление двутавровых балок с использованием способа полуавтоматической сварки в среде защитного газа с кантовкой балки мостовым краном.

В проектном варианте используется установка механизированной сборки и установки дуговой автоматической сварки под флюсом с применением сварочной головки А-1416.

Предполагается, что внедрение проектного варианта приведет к общему снижению себестоимости изготовления сварной конструкции.

В расчете использованы данные о расценках, стоимости сырья и материалов, энергии, полученные в процессе прохождения преддипломной практике.

## 2.2 Расчет трудоемкости [19, 21]

Определим фактическое время на операцию:

$$T_{шт.кл.} = (\sum T_{осн} + \sum T_{вс} + \sum T_{пз}) \cdot K, \text{ мин} \quad (2.1)$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		61

где  $T_{шт.кл.}$  – штучно – калькуляционное время, мин.

$T_{осн}$  – основное время работы сварочного аппарата при сварке изделия, мин.

$T_{вс}$  – вспомогательное время, мин.

$T_{пз}$  – подготовительно – заключительное время.

$$T_{осн} = \frac{q_{мн}}{I_{св} \cdot \alpha_n}, \text{ час} \quad (2.2)$$

где  $q_{мн}$  – масса наплавленного металла, г.

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А.

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки,  $\frac{г}{А \cdot ч}$ .

Определим массу наплавленного металла:

$$q_{н.м.} = F \cdot l_{ш} \cdot \gamma \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot K, \text{ г} \quad (2.3)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения шва,  $см^2$

$\gamma$  – плотность электродного металла,  $г/см^3$

$$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$$

$l_{ш}$  – длина шва, см

$n_1$  – количество швов, шт

$n_2$  – количество проходов, шт

$K$  – коэффициент расхода проволоки.

$$q_{н.м.}^n = 0,65 \cdot 1200 \cdot 7,8 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 = 24336 \text{ г}$$

$$q_{н.м.}^b = 0,325 \cdot 1200 \cdot 7,8 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,15 = 27986 \text{ г}$$

По формуле (2.2) получаем:

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$T_{осн}^{\delta} = \frac{27986}{135 \cdot 13} = 15,9 \text{ часа} = 956 \text{ мин.}$$

$$T_{осн}^n = \frac{24336}{780 \cdot 16,6} = 1,88 \text{ часа} = 112 \text{ мин.}$$

Определим вспомогательное время

$$T_{вс} = T_{вс_1} + T_{вс_2} + T_{вс_3}, \text{ мин} \quad (2.4)$$

где  $T_{вс_1}$  – время на очистку шва от шлака, мин

$T_{вс_2}$  – время на подготовку заготовки под сварку.

$T_{вс_3}$  – время на сборку детали.

Подготовительно – заключительное время:

$$T_{пз} = T_{пз_1} + T_{пз_2} + T_{пз_3} + T_{пз_4} + T_{пз_5}, \text{ мин} \quad (2.5)$$

где  $T_{пз_1}$  – время на установку детали, мин

$T_{пз_2}$  – время на кантовку детали, мин.

$T_{пз_3}$  – время на настройку режима, мин.

$T_{пз_4}$  – время на снятие изделия со станда, мин

$T_{пз_5}$  – время на осмотр, мин

Данные о подготовительно – заключительном и вспомогательном времени занесены в таблицу 5.1.

Таблица 2.1 – Значение показателей по времени

Показатели	Единицы измерения	Значение показателей	
		Базовый	Проектный
$T_{осн}$	мин.	956	112

Твс <sub>1</sub>	мин.	11	42
Твс <sub>2</sub>	мин.	39	39
Твс <sub>3</sub>	мин.	78	22
Твс	мин.	128	103
Тпз <sub>1</sub>	мин.	12	10
Тпз <sub>2</sub>	мин.	18	4
Тпз <sub>3</sub>	мин.	8	22
Тпз <sub>4</sub>	мин.	8	8
Тпз <sub>5</sub>	мин.	5	5
Тпз	мин.	51	49
Т <sub>шт.кл.</sub>	мин.	1135	264

### 2.3 Расчет капитальных вложений

*Расчет количества оборудования*

$$n = \frac{N \cdot T_{шт.кл.}}{F_{гq} \cdot K_{вн} \cdot K_{исп} \cdot 60}, \quad (2.6)$$

где  $K_{исп}$  – коэффициент использования оборудования

$$K_{исп} = 0,8$$

$F_{гq}$  – годовой фонд работы оборудования, час

$N$  – годовая производительность программы, шт

$K_{вн}$  – коэффициент, учитывающий выполнение норм.

По данным завода  $K_{вн} = 1,2$

*Расчет действительного фонда времени работы оборудования*

Календарный фонд – 365 дней

Праздничные и выходные дни – 61 день

Выходные (суббота) – 52 дня

Номинальный фонд рабочего времени:  $365 - (61 + 52) = 252$  дня.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		64

252 дня по 8 часов – 2016 часов

Планируемые потери на ремонт и осмотр  $\approx 10\%$ .

Действительный фонд времени работы оборудования при односменной работе 1806 часов, при двухсменной – 3612 часов.

По формуле 2.6 определим необходимое количество постов сварочного оборудования:

$$n^{\delta} = \frac{3000 \cdot 956}{3612 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 60} = 13,7 \text{ ед.}$$

$$n^n = \frac{3000 \cdot 112}{3612 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 60} = 1,6 \text{ ед.}$$

Принимаем  $n^{\delta}=14$  полуавтоматов,  $n^n=2$  сварочные установки.

Рассчитаем необходимое количество оборудования для сборки балки под сварку.

$$n_{сб}^{\delta} = \frac{3000 \cdot 78}{3612 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 60} = 1,12 \text{ ед.}$$

$$n_{сб}^n = \frac{3000 \cdot 22}{1806 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 60} = 0,64 \text{ ед.}$$

При расчете планируем работу установки автоматической сборки в одну смену. По полученным данным принимаем  $n_{сб}^n=2$  шт.,  $n_{сб}^{\delta}=1$  шт

Необходимые капитальные вложения в оборудование и приспособление сведем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Суммарная стоимость технологического оборудования

Наименование оборудования	Первоначальная стоимость единицы оборудования, руб.			
	Базовый		Проектный	
	кол-во	стоимость	кол-во	стоимость
1	2	3	4	5
кран мостовой	1	230.000		230.000
полуавтомат ПДГО-508	-	-	1	74.000



полуавтомат сварочный	16	960.000		
сборочный кондуктор	2	60.000		-
стенд для сборки	-	-	1	1.280.000
сварочная плита	14	900.000		
установка для сварки под флюсом	-	-	2	6.900.000
кантователь	-	-	2	5.020.000
станок для правки грибовидности	1	200.000	1	200.000
катучая балка	-	-	1	60.000
ИТОГО		2.170.000		13.764.000

## 2.4 Расчет технологической себестоимости

*Расчет затрат на вспомогательные материалы*

Затраты на сварочную проволоку:

$$C_{np} = q_{mn} \cdot C_{np} \cdot K_{т.з}, \text{ руб} \quad (2.7)$$

где  $q_{mn}$  – масса наплавленного металла, кг

$C_{np}$  – цена проволоки, руб/кг

$K_{т.з}$  – коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы

$$K_{т.з} = 1,2$$

$$C_{np}^{\delta} = 28 \cdot 100 \cdot 1,2 = 3360 \text{ руб.}$$

$$C_{np}^n = 24,3 \cdot 100 \cdot 1,2 = 2960 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс:

$$C_{\phi} = Q_{\phi} \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot l_{\text{ш}} \cdot C_{\phi} \cdot K_{т.з}. \quad (2.8)$$

										Лис
										66
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.719 ПЗ					

где  $Q_{\phi}$  – расход флюса на 1 погонный метр;

$C_{\phi}$  – цена флюса, руб/кг.

Расход флюса на 1 п/м сварного шва, кг:

$$Q_{\phi} = 0,2 \cdot (U - 18) \cdot \frac{3600}{V_{св}}, \quad (2.9)$$

где  $V_{св}$  - скорость сварки в см/час.

$$Q_{\phi}^n = 0,2 \cdot (25 - 18) \cdot \frac{3600}{2500} = 2,01 \text{ кг}$$

По формуле (2.8)  $C_{\phi}$ :

$$C_{\phi}^n = 2,01 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 1,2 = 2315 \text{ руб}$$

Затраты на углекислоту

$$C_{сo_2} = q_{сo_2} \cdot C_{сo_2} \cdot K_{сo_2}, \text{ руб} \quad (2.10)$$

где  $q_{сo_2}$  – объем газа расходуемого на сварку одного изделия,  $\text{дм}^3$ ;

$C_{сo_2}$  – цена углекислого газа,  $C_{сo_2} = 0,05$  руб/ $\text{дм}^3$ ;

$K_{т.з}$  – коэффициент, учитывающий недобор газа, продувку, транспортные расходы.

$$q = 0,2 \cdot I_{св}^{0,75} \quad (2.11)$$

где  $q$  – расход углекислого газа, л/мин

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$q = 0,2 \cdot 135^{0,75} = 9 \text{ л/МИН}$$

$$q_{CO_2} = T_{осн} \cdot q$$

$$q_{CO_2} = 956 \cdot 9 = 8604 \text{ дм}^3$$

$$C_{CO_2} = 8604 \cdot 0,05 \cdot 1,2 = 516 \text{ руб}$$

### Затраты на электроэнергию

$$C_{ЭЭ} = K_{П} \cdot Ц_{ЭЭ} \cdot \left[ \frac{I_{св} \cdot U_q \cdot T_{осн}}{\eta_u \cdot 1000} + W_{ХХ} + (T_{шт.кл.} - T_{осн}) \right], \text{ руб} \quad (2.12)$$

где  $K_{П}$  – коэффициент потерь электроэнергии в сети предприятия;

$$K_{П} = 1,04$$

$Ц_{ЭЭ}$  – стоимость одного кВт в час,  $Ц_{ЭЭ} = 2,0$  руб;

$\eta_u$  – КПД источника питания

$W_{ХХ}$  – мощность холостого хода, Вт

$$C_{эл}^{\delta} = 1,04 \cdot 2 \cdot \left[ \frac{135 \cdot 30 \cdot 956}{0,8 \cdot 1000 \cdot 60} + 0,3 + \frac{(1135 - 956)}{60} \right] = 2,08 \cdot [80,7 + 0,3 + 3] = 87,24 \text{ руб}$$

$$C_{эл}^n = 1,04 \cdot 2 \cdot \left[ \frac{780 \cdot 25 \cdot 112}{0,85 \cdot 1000 \cdot 60} + 0,3 + \frac{(264 - 112)}{60} \right] = 2,08 \cdot [62,8 + 0,3 + 2,5] = 65,6 \text{ руб}$$

### Затраты на заработную плату производственных рабочих

$$C_{зн} = K_{п} \cdot K_{пр} \cdot K_{\delta} \cdot K_{сс} \cdot \sum_{i=1}^m Cri \cdot T_{шт.кл.}, \quad (2.13)$$

где  $K_{п}$  – поясной коэффициент

$$K_{п} = 1,15 \text{ руб}$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						68
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{пр}$  – коэффициент, учитывающий выплату премиальных

$$K_{пр} = 1,4 .$$

$C_r$  – часовая тарифная ставка

$$C_{св} = 180 \text{ руб/ч}$$

$K_{\delta}$  – расходы на дополнительную заработную плату

$$K_{\delta} = 1,167 \text{ (по данным завода)}$$

$K_{сc}$  – коэффициент учитывающий отчисления в Единый социальный налог.

$$K_{сc} = 1,515$$

$K_{0,3}$  – страхование профессионального риска

$$K_{0,3} = 1,03$$

$$C_{зн}^{\delta} = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,167 \cdot 1,515 \cdot 1,03 \cdot 180 \cdot 12,9 = 6807,83 \text{ руб}$$

$$C_{зн}^n = 1,15 \cdot 1,4 \cdot 1,167 \cdot 1,515 \cdot 1,03 \cdot 180 \cdot 4,4 = 2322,05 \text{ руб}$$

#### *Амортизация оборудования*

$$C_A = \frac{\sum \Pi_{об} \cdot T_{шт.кл.} \cdot H_A}{60 \cdot F_{\delta} \cdot K_{в} \cdot K_{исп}}, \quad (2.14)$$

где  $\Sigma \Pi_{об}$  – стоимость всех единиц оборудования, руб.;

$H_A$  – годовая норма амортизации

$$H_A = 12 \%$$

$F_{\delta}$  – действительный годовой фонд рабочего времени, час;

$K_{в}$  – коэффициент выполнения норм

$$K_{в} = 1,2$$

$K_{исп}$  – коэффициент использования оборудования

$$K_{исп} = 0,8$$

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$C_A^{\delta} = \frac{2.170.000 \cdot 1135 \cdot 0,12}{60 \cdot 3612 \cdot 0,8 \cdot 1,2} = 1421 \text{ руб}$$

$$C_A^n = \frac{13.764.000 \cdot 264 \cdot 0,12}{60 \cdot 3612 \cdot 0,8 \cdot 1,2} = 2096 \text{ руб}$$

Таблица 2.3 – Технологическая себестоимость изготовления одного изделия

Статья технологической себестоимости	Стоимость, руб	
	Базовый	Проектный
Проволока	3360	2960
Флюс	-	2315
Защитный газ	516	-
Электроэнергия	87,24	65,6
Заработная плата	6807,83	2322,05
Амортизация оборудования	1421	2096
Сумма затрат	12192,07	9758,65

### 5.5 Расчет показателей экономической эффективности проекта

Условно – годовая экономия

$$\mathcal{E}_{\text{уч}} = (C_m^{\delta} - C_m^n) \cdot N, \text{ руб} \quad (2.15)$$

где  $C_m$  – технологическая себестоимость 1 – ой сварная детали

$N$  – годовая программа выпуска

$$\mathcal{E}_{\text{уч}} = (12192,07 - 9758,65) \cdot 3000 = 7300260 \text{ руб}$$

Приведенные затраты

$$Z_n = C_m + \frac{E_n \cdot K}{N}, \text{ руб} \quad (2.16)$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент капитальных вложений

$$E_H = 0,15$$

$K$  – капитальные вложения, руб.

$$Z_n^\delta = 12192 + \frac{0,15 \cdot 2170000}{3000} = 12301 \text{ руб}$$

$$Z_n^n = 9759 + \frac{0,15 \cdot 13764000}{3000} = 10447 \text{ руб}$$

*Годовой экономический эффект*

$$\mathcal{E}_z = (Z_n^\delta - Z_n^n) \cdot N, \text{ руб} \quad (2.17)$$

$$\mathcal{E}_z = (12301 - 10447) \cdot 3000 = 5562000, \text{ руб}$$

*Срок окупаемости проекта*

$$T = \frac{K_n^n}{\mathcal{E}_z}, \text{ год} \quad (2.18)$$

$$T = \frac{13764000}{5562000} = 2,5 \text{ года}$$

*Рентабельность*

Рассчитаем рентабельность  $R$ , %

$$R = (\mathcal{E}_z / C_m \cdot N) \cdot 100 \quad (2.19)$$

$$R = (5562000 / 9759 \cdot 3000) \cdot 100 = 19\%$$

Все экономические показатели эффективности внедрения механизированной установки проектного варианта приведены в таблице.

Таблица 2.4 – Техничо – экономические показатели проекта

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		71

Показатели	Единицы измерения	Величина		Абсолютное отклонение
		Базовый	Проектный	
Годовая программа	шт.	3 000	3 000	
Капитальные вложения	руб.	2 170 000	13 764 000	11 594 000
Трудоемкость изготовления одной конструкции	н/час руб.	17,1	2,2	14,9
Себестоимость единицы	руб.	12 192	9 759	2 433
Условно – годовая экономия	руб.		7 300 260	
Годовой экономический эффект	год.		5 562 000	
Срок окупаемости	%		2,5	
Рентабельность			19	

Предлагаемое в проекте внедрение в сварочное производство специализированных установок для сборки и сварки под слоем флюса балок целесообразно с экономической точки зрения, т.к. планируемые капитальные затраты, согласно выполненным расчетам, способны окупиться в течение 2,5 лет.

Предлагаемая технология позволит существенно повысить качество изделий, за счет уменьшения влияния на него антропогенного фактора, снизить трудоемкость изготовления сварной конструкции, что в свою очередь обеспечит возможность снижения отпускной цены изделия и усиления конкурентоспособности продукции в условиях рыночной экономики.,

### 3 Методический раздел

Развитие производства, совершенствование современных технологий, повышают требования к качеству изготовления продукции. Эти факторы диктуют предприятиям необходимость систематически повышать профессиональный уровень рабочих кадров. Появление новых современных профессий, исчезновение старых, изменение средств производства и технологий способствуют целесообразности совершенствования профессиональных умений и навыков в условиях промышленного предприятия. [16]

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки двутавровой балки. В процессе разработки предложено заменить полуавтоматическую электродуговую сварку на автоматическую сварку под флюсом. Для осуществления данного технологического процесса предложено внедрение установки для автоматической сварки в технологический процесс изготовления изделия. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, осуществляющих эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт данного оборудования.

К эксплуатации установки для автоматической сварки по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор сварки плавлением», с минимальным уровнем квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда), в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

Для разработки программы переподготовки необходимо изучить и проанализировать нормативные документы:

- профессиональный стандарт. «Сварщик-оператор полностью механизированной, автоматической и роботизированной сварки» (код

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		73



40.109, рег.№ 664, Приказ Минтруда России № 916н от 01.12.2015 г., зарегистрирован Минюстом России 31.12.2015 г., рег. № 40426);

- профессиональный стандарт. «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован Минюстом России 13.02.2014г., рег. № 31301).

### 3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

Рассмотрим и сравним характеристики обобщенных трудовых функций Профессиональных стандартов. В таблице 3.1 приведены выписки из Профессиональных стандартов: 40.002 частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей любой сложности), код С/04.4 уровень квалификации 4. и выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов, код А/01.3 уровня квалификации 3.

Таблица 3.1 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением» (3-го разряда)

Характеристики	Сварщик частично механизированной сварки плавлением	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
Трудовые действия	Проверка работоспособности, исправности и настройка сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением с учетом его специализированных функций (возможностей). Контроль с применением измерительного инструмента сваренных частично механизированной сваркой (наплавкой) сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке.	Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документации. Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты. Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования. Собирает конструкцию под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.

Продолжение таблицы хх

1	2	3
<p>Необходимые знания</p>	<p>Специализированные функции (возможности) сварочного оборудования для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений сложных и ответственных конструкций, выполняемых частично механизированной сваркой (наплавкой) плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов сложных и ответственных конструкций, свариваемых частично механизированной сварки (наплавки) плавлением.</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы для частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций.</p> <p>Техника и технология частично механизированной сварки (наплавки) плавлением сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва.</p> <p>Методы контроля и испытаний ответственных сварных конструкций. Порядок исправления дефектов сварных швов.</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением и обозначение их на чертежах.</p> <p>Устройство сварочного и вспомогательного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов.</p> <p>Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку плавлением.</p> <p>Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой плавлением.</p> <p>Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.</p> <p>Требования к сборке конструкции под сварку.</p> <p>Технология полностью механизированной и автоматической сварки плавлением.</p> <p>Требования к качеству сварных соединений.</p> <p>Виды и методы контроля.</p> <p>Виды дефектов, причины их образования, методы предупреждения и способы устранения.</p> <p>Правила технической эксплуатации электроустановок.</p> <p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ.</p> <p>Правила эксплуатации газовых баллонов.</p> <p>Правила по охране труда, в том числе на рабочем месте</p>

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
<p>Необходимые умения</p>	<p>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>Другие характеристики:</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 под флюсом порошковой проволокой; сварка дуговая сплошной проволокой в инертном газе; сварка дуговая порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в инертном газе;</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);</p>

Окончание таблицы 3.1

	<p>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.</p>	<p>сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе с присадочным сплошным материалом (проволокой или стержнем) (TIG-сварка); 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); сварка дуговая плазменная с присадочным порошковым материалом; сварка плазменная дугой прямого действия; сварка плазменная дугой косвенного действия; сварка плазменная с переключаемой дугой.</p>
--	---	--

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

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

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

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общепромышленный и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

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. [17, 18]

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 3-го квалификационного разряда

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

Продолжительность обучения один месяц.

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### 3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

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

Таблица 3.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов	
1	Источники питания для автоматической и полуавтоматической сварки	2	
2	Стандартное механическое оборудование	2	
3	Оборудование для автоматической сварки	6	
3.1	Устройство и основные узлы роботизированного сварочного автомата	3	
3.2	Типовые конструкции сварочной головки	3	
4	Технология автоматической сварки	18	
4.1	Сварочные материалы, используемые при автоматической сварке	4	
4.2	Особенности автоматической сварки	4	
4.3	Режимы автоматической сварки	4	
4.4	Механическое оборудование, используемое для автоматической сварки	6	
5	Контроль качества сварных швов	3	
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	2	
	Итого:	33	

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

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
						80
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.4 Разработка плана – конспекта урока

Тема раздела: Оборудование для дуговой автоматической сварки под флюсом

Тема урока «Устройство и основные узлы подвесного сварочного автомата А-1416»

Цели занятия:

*Обучающая:* Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного автомата А-1416, его назначение и принцип 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: урок новых знаний.

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

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакаты: «Сварочный подвесной автомат А-1416»; «Основные узлы сварочного автомата типа А-1416»

– учебник: Федосов С.А. Основы технологии сварки /С.А.Федосов, И.Э.Оськин [Электронный ресурс]: СПб.:Лань, 2011. - 125 с. Режим доступа [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2021](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2021)

– учебник: Чернышев Г.Г. Технология электрической сварки плавлением /Г.Г. Чернышев [Электронный ресурс]: СПб.:Лань, 2010. – 496 с. Режим доступа [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4159](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4159)

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		81



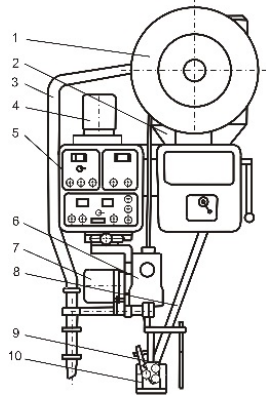
Таблица 3.4 – План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 3 минуты	Здравствуйте, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела «Оборудование для дуговой автоматической сварки под слоем флюса» Тема занятия: «Устройство и основные узлы сварочного автомата А – 1416» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочной головке, её назначение и принцип работы»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Проверка знаний предыдущего урока 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки? 2. Почему применяют унифицированные узлы на полуавтоматах и автоматах? 3. Расскажите о системе обозначения аппаратов для дуговой сварки.	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих опрашиваю выборочно.
Изложение нового материала 35 минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: – Назначение сварочного автомата; – Основные узлы и механизмы сварочного автомата;  По ходу изложения материала прошу записывать основные моменты, на которые я буду обращать внимание. Прошу сосредоточиться и не мешать мне и своим товарищам. В настоящее время широко применяется механизированная сварка. Это объясняется высокой маневренностью полуавтоматов, возможностью производить сварку в труднодоступных местах.	Прошу записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата.

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
	<p>Механизированная сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительно-монтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. Д.</p> <p>Автомат подвесной самоходный предназначен для однодуговой сварки и наплавки сплошной проволокой под слоем флюса.</p>	
<p>ë</p>	<div data-bbox="699 600 1043 1106" data-label="Image"> </div> <p>Плакат 1 - Сварочный подвесной автомат А-1416</p> <p>Технические характеристики сварочного автомата А-1416</p> <p>Номинальный сварочный ток 1000А</p> <p>Номинальный режим работы, ПВ не менее 100 %</p> <p>Скорость подачи электродной проволоки 47-509 м/ч</p> <p>Скорость сварки 12-120 м/ч</p> <p>Габаритные размеры автомата, мм</p> <p>Длина 930</p> <p>Ширина 15</p> <p>Высота 1820</p> <p>Сейчас обратимся к устройству сварочного автомата А1416. На данном плакате представлена схема сварочного автомата</p>	<p>Показываю плакат, объясняю с его помощью технические характеристики сварочного подвесного автомата.</p> <p>Обучаемые записывают технические характеристики сварочного подвесного автомата в конспекты.</p> <p>Прохожу между партами, слежу за конспектированием учебного материала.</p>

Продолжение таблицы 3.4

	 <p>Плакат – Основные узлы сварочного автомата А – 1416          1 – кассета для электродной проволоки, 2 – флюсобункер, 3 – флюсопривод для сбора лишнего флюса, 4 – привод асинхронного двигателя, 5 – пульт управления, 6 – правильно прижимной механизм для выпрямления проволоки, 7 – механизм подачи электродной проволоки, 8 – флюсопривод для подачи флюса в зону сварки, 9 – сварочная головка, 10 – отверстие для сыпки флюса.          Поясняю назначение основных узлов сварочного автомата:</p>	<p>Вместе разбираем устройство. Показываю на плакате местонахождение основных узлов. Комментирую основные узлы автомата. Обучаемые записывают основные узлы автомата.</p>
	<p>Флюсосистема, состоящая из флюсобункера 2, флюсоаппарата и флюсоприводов 3, 8;          кассета 1 для электродной проволоки с тормозным механизмом против вращения кассеты по инерции;          механизм подъема для регулирования положения мундштука по высоте (привод механический с передачей винт-гайка, а также привод асинхронного двигателя 4);          механизм подачи электродной проволоки (привод от асинхронного двигателя 7, скорость подачи регулируется ступенчато с помощью сменных шестерен);          правильно-прижимной механизм 6 для выпрямления электродной проволоки и прижима его к ролику механизма подачи;          мундштук 9, у которого имеется концентрическое отверстие для сыпки флюса 10 и поверхность с прижимным роликовым механизмом (ролик установлен на подпружиненном рычаге, через который подводится ток к электроду);          пульт управления 5, на передней панели которого расположены все органы управления и приборы.</p>	<p>Обучаемые записывают пояснения в тетрадь. Задают вопросы.           Спрашиваю, все ли понятно в устройстве сварочного автомата.</p>

Окончание таблицы 3.4

	<p>Рассматриваем особенности сварки под флюсом</p> <p>Отличительной особенностью сварки под слоем флюса является то, что электрическая дуга горит между электродом и слоем специального зернистого порошка, называемого флюсом. Толщина флюса составляет 30-60 мм и напрямую зависит от толщины свариваемого металла. Этот вид сварки бывает полуавтоматическим (когда дуга перемещается вручную) и автоматическим. У каждого вида есть как свои преимущества, так и недостатки.</p> <p>Автоматическая сварка под слоем флюса ускоряет процесс в 5-10 раз, а расход электрода минимален. А так как при этом возможно без остановки сваривать швы любой длины, то удешевляется сам процесс. Поэтому этот тип сварки широко применяется в автоматизированном серийном производстве. Однако иногда приходится прибегать в ручной дуговой сварке под флюсом.</p>	<p>Обращаю внимание на особенности сварки под флюсом. Записываем эту информацию, привожу примеры.</p>
	<p>Недостатки сварки под слоем флюса:</p> <p>Нельзя сваривать металлы разной толщины и тонкие листы (до 1,5 мм);</p> <p>Неэффективна при маленькой длине сварного шва;</p> <p>Во время процесса не видно место сварки.</p> <p>Преимущества, несомненно, больше:</p> <p>Высокая скорость работы;</p> <p>Стоимость работ ниже, чем при использовании других видов сварки;</p> <p>Возможность сварки легированных и нелегированных сталей;</p> <p>Возможность плавки металлов толщиной от 1,5 до 150 мм;</p> <p>Большая глубина проплавления;</p> <p>Отличное качество сварного шва большой протяженности и различной формы;</p> <p>Защита сварочной ванны от вредного воздействия окружающей среды;</p> <p>Отсутствие брызг, пыли, вредных газов и светового излучения.</p>	<p>Объясняю недостатки сварки под слоем флюса, прошу записать.</p> <p>Затем разбираем преимущества сварки под флюсом.</p>
<p>Первичное закрепление материала 5-7 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. Где применяются сварочные автоматы?</li> <li>2. Перечислите основные узлы сварочного автомата А1416?</li> <li>3. Какие недостатки имеет сварка под слоем флюса?</li> </ol> <p>Домашнее задание: работа с конспектом, разберите и запомните все основные узлы сварочного автомата А1416.</p>	<p>Провожу фронтальный опрос обучающихся. Активизирую деятельность обучающихся, задавая вопросы по новому материалу.</p>

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

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

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

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		86

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Для разработки процесса автоматической сварки выполнены следующие этапы:

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

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

С целью подготовки рабочих кадров для выполнения работ по новому технологическому процессу в представленной работе разработана программа переподготовки рабочих.

Цели и задачи выполнения выпускной квалификационной работы достигнуты.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		87

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Зубченко А.С, Марочник сталей и сплавов / А.С.Зубченко - М.: Машиностроение, 2001. – 375 с.
- 2 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И.Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
- 3 Федосов С.А. Основы технологии сварки /С.А.Федосов, И.Э.Оськин [Электронный ресурс]: СПб.:Лань, 2011. - 125 с. Режим доступа [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2021](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2021)
- 4 Сварка и свариваемые материалы: справ. издание: в 3-х т. Т.1 Свариваемость материалов [Текст]/ под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991. – 528 с.
- 5 Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов / СМ. Гуревич. - Наукова думка, 1981. – 608 с.
- 6 Джевага, И.И. Механизированная электродуговая сварка под флюсом / И.И. Джевага. - М.: Машиностроение, 1968. - 360с.
- 7 Ерохин, А.А. Кинетика металлургических процессов дуговой сварки/ А.А. Ерохин. - М.: Машиностроение, 1964. - 356 с.
- 8 Патон, Б.Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки / Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1966. - 396 с.
- 9 Рыжков, Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., переработка. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
- 10 Быковский, О.Г. Справочник сварщика: справочник / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, Пешков В.С. – М.: Машиностроение, 2011. – 336с.
- 11 Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис 88
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

12 Милютин В.С., Иванова Н.М. Источники питания для сварки. Учеб. пособ. / В.С. Милютин, Н.М. Иванова. - Екатеринбург: Урал. Гос. Проф. – пед. Ун – т, 1995. – 234 с.

13 Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технологические основы сварки плавлением и давлением» / сост. Л.Т. Плаксина, Д.Х. Билалов. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2012. - 38 с.

14 Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368с. : ил. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 12.04.2012)

15 Кругликов, Г.И. Методика преподавания технологии с практикумом: пособие для студентов высш. пед. учеб, заведений / Г.И. Кругликов, - М: Издательский центр «Академия», 2002. - 80 с.

16 Жученко, А.А. Профессионально-педагогическое образование России. Организация и содержание / А.А Жученко, Г.М., Романцев Е.В. Ткаченко. -Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. - 234 с.

17 Колесникова, И. А. Педагогическое проектирование [Текст] / И. А. Колесникова, М. П. Горчакова-Сибирская. – М.: Академия, 2007. – 288 с.

18 Чернилевский, Д.В. Технология обучения: учебное пособие [Текст] / Д. В. Чернилевский, О. К. Филатов; под ред. В. Д. Чернилевского. – М.: Эксперт, 2006. – 342 с.

19 Нормативы времени и режимы полуавтоматической сварки в защитных газах. - Екатеринбург: Уралмашзавод, 2004. - 50 с.

20 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства. - М.: Машиностроение, 1984. – 368с.

21 Кузнецов, Ю.В. Расчет экономической эффективности новой сварочной технологии [Текст]: методические указания / Ю.В. Кузнецов. – Екатеринбург: Изд-во Ур. фед. гос. ун-та, 2014. – 159 с.

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		89



22 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия [Текст]. - Введ. 1973-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 20 с.

23 ГОСТ 9087 - 69 Флюсы плавные сварочные. Технические условия [Текст]. - Введ. 1970-03-01. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 12 с.

24 ОАО Линде Уралтехгаз – сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://techgaz.ru/produkcija/svarochnye\\_gazovye\\_smesi](http://techgaz.ru/produkcija/svarochnye_gazovye_smesi) (дата обращения 16.02.2018).

					ДП 44.03.04.719 ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		90