

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

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАНКИ РАМЫ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА**

Выпускная квалификационная работа

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
Профиль Машиностроение и материалобработка \_\_\_\_\_  
Профилизация Технологии и технологический менеджмент в сварочном произ-  
водстве  
Идентификационный код ВКР: 723

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 ме-  
таллургии

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

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Разработка технологического процесса изготовления планки рамы авто-  
сцепного устройства**

Исполнитель:  
студент группы ЗСМ-404С \_\_\_\_\_ Д.А. Сизов

Руководитель:  
ст. преподаватель \_\_\_\_\_ Е.В. Радченко

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

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 71 лист машинописного текста, 9 рисунков, 19 таблиц, 30 использованных источников литературы, графическую часть на 7 листах формата А1.

Ключевые слова: ПЛАНКА АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА, МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА, АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ, ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ СВАРКИ, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОГРАММА ПЕРЕПОДГОТОВКИ РАБОЧИХ, ПРОФЕССИЯ «ОПЕРАТОР АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ».

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки планки автосцепного устройства.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки планки автосцепного устройства с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

В дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки планки, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки планки.

					<i>ДП 44.03.04. 550 ПЗ</i>			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка технологического процесса изготовления планки рамы автосцепного устройства		Лист	Листов
Разраб.		Сизов Д.А.						71
Руковод.		Радченко Е.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Билалов Д.Х.						
Утверд		Гузанов Б.Н.			<i>Пояснительная записка</i>	ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, гр. ЗСМ-404с		



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время особое значение приобрела проблема рационального использования всех имеющихся ресурсов сырья, материалов и электроэнергии. Повышение эффективности использования материальных ресурсов имеет большое значение, как для экономики отдельного предприятия, так и для государства в целом. От того насколько рационально и грамотно используются ресурсы зависит как развитие экономики в целом, так и ее отдельных секторов. Результативность использования материальных ресурсов обеспечивает увеличение объемов производимой продукции при тех же размерах материальных затрат, и даже меньших.

Одним из основных направлений в решении этой проблемы является применение автоматической сварки.

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос сборки и сварки планки.

В связи с этим была поставлена задача – разработать технологию сварки сборки и сварки планки и выбор оборудования для реализации предлагаемой технологий с последующим применением его на предприятии.

*Объектом* разработки является технология изготовления металлоконструкции планки.

*Предметом* разработки является процесс сборки и сварки планки.

*Целью* дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки планки автосцепного устройства с использованием автоматической сварки в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант;
- проработать и обосновать проектируемый способ сварки планки;
- провести необходимые расчеты автоматической сварки в среде защитных газов;

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

- выбрать и обосновать сборочное и сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки планки;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного

вида сварки.

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части разработан проектируемый вариант технологического процесса сварки планки, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть - посвящена проектированию программы подготовки сварщиков, которые могут осуществлять спроектированную технологию производства сварки планки.

В процессе разработки дипломного проекта использованы следующие *методы*:

- теоретические методы, включающие анализ специальной научной и технической литературы, а также обобщение, сравнение, конкретизацию данных, расчеты;

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

# 1 Инженерный раздел

## 1.1 Характеристика изделия

«Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма, Свердловская область) – совместное предприятие Группы Синара и концерна Siemens, которое начало работу 1 июля 2010 года.

Основными видами деятельности «Уральские локомотивы» являются проектирование, производство, продажа и техническое обслуживание тягового и моторвагонного подвижного состава нового поколения, отличающегося повышенной экономичностью, высокими потребительскими, эксплуатационными и экологическими свойствами.

Предприятие выпускает грузовые электровозы с коллекторными тяговыми двигателями «СИНАРА» (серия 2ЭС6), грузовые электровозы постоянного тока с асинхронным тяговым приводом «ГРАНИТ» (серия 2ЭС10), а также магистральный грузовой электровоз, работающий от сети переменного тока 2ЭС7. В декабре 2016 года, после завершения всех испытаний, 2ЭС7 передан для эксплуатации на БАМ Восточно-Сибирской железной дороги.

Одним из множества устройств вагона являются автосцепные устройства.

Автосцепки могут быть разделены на две большие группы: механические автосцепки, т. е. обеспечивающие автоматическое сцепление единиц подвижного состава, и унифицированные автосцепки, которые, помимо сцепления, предусматривают соединение межвагонных коммуникаций, включающих в себя один или два воздухопровода, а при необходимости и контакты электро- и радиоцепей, а также паропроводы отопления.

Механические автосцепки применяются для сцепления грузовых и пассажирских вагонов общего назначения; при этом межвагонные коммуникации соединяются вручную. Унифицированные автосцепки устанавливаются на специальном подвижном составе: вагонах метрополитенов, некоторых типах зарубежных электро- и дизель-поездов и др.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6



Рисунок 1 – Автосцепка вагона

Автосцепное устройство подвижного состава железных дорог общего назначения бывает двух типов: вагонного и паровозного.

Автосцепное устройство вагонного типа устанавливается на грузовых и пассажирских вагонах, тепловозах, электровозах, вагонах дизель- и электропоездов и тендерах паровозов, а паровозного — на паровозах, мотовозах, автодрезинах и некоторых специальных вагонах.

Одним из элементов рамы вагона является планка автосцепки вагона.

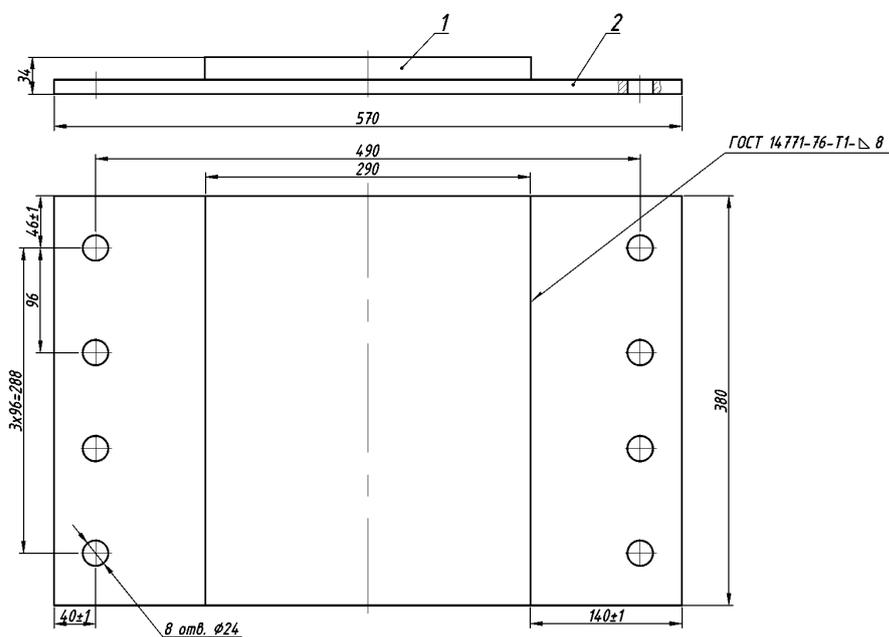


Рисунок 2 – Планка

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.550 ПЗ

Лист

7

## 1.2 Характеристика материала изделия

Сталь 09Г2С - сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от -70 до +425°С под давлением. Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [3] приведен в таблице 1.

Таблица 1.1 - Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
до 0,12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.035	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Сортамент	Размер	Напр.	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	кДж/м <sup>2</sup>	-
Лист, ГОСТ 5520-79			430-490	265-345	21	590-640	Закалка и отпуск
Сталь	От 10 до 20		1520	1320	21	590	

Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3-Технологические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

Свариваемость:	без ограничений
Склонность к отпускной хрупкости:	не склонна

### *Свариваемость стали*

Свариваемость — свойство металлов или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки неразъемное соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. В сварочной практике существуют такие понятия, как физическая и технологическая свариваемость [4].

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения тем же свойствам основного материала и его склонностью к образованию дефектов. Материалы делятся на хорошо, удовлетворительно, плохо и ограниченно свариваемые.

Физическая свариваемость подразумевает возможность получения монолитных сварных соединений с химической связью. Такой свариваемостью обладают практически все технические сплавы и чистые металлы, а также ряд сочетаний металлов с неметаллами.

Технологическая свариваемость — это характеристика металла, определяющая его реакцию на воздействие сварки и способность образовывать сварное соединение с заданными эксплуатационными свойствами. В этом случае свариваемость рассматривается как степень соответствия свойств сварных соединений одноименным свойствам основного металла или их нормативным значениям [5].

Эквивалент углерода  $C_{\text{ЭКВ}}$ , %, определяют по эмпирическим формулам, одна из которых имеет следующий вид:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/5 + \text{V}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Cu}/13 \quad (1.1)$$

Если  $C_{\text{ЭКВ}} < 0,45$ , то говорят, что металл не склонен к образованию холодных трещин.

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,12 + 1,3/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 = 0,43\%$$

Таким образом, основной металл не склонен к образованию холодных трещин.

Определим склонность к образованию горячих трещин по формуле:

$$HCS = \frac{C \left( S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 1000}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}, \quad (1.2)$$

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		9

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

C, S, P и другие химические элементы, %.

$$HCS = \frac{0.12 \left( 0.04 + 0.035 + \frac{0.5}{25} + \frac{0.3}{100} \right) 1000}{3 \times 1.3 + 0.3} = 2,8$$

Так как расчетное значение параметра HCS менее 4, появление горячих трещин невозможно.

### 1.3 Выбор способа сварки

#### *Базовый вариант «Ручная дуговая сварка»*

В базовом варианте сварка планки осуществлялась ручной дугой сваркой. Ручная дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из самых распространенных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций.

Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможность выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки [6].

Существенный недостаток ручной дуговой сварки покрытым электродом – малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный либо переменный сварочный ток. Схема процесса ручной дуговой сварки приведена на рисунке 1.3. Дуга 1 расплавляет металлический стержень электрода 2, его покрытие и основной металл 3.

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10





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

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

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

Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в аргоне применяется редко, так как эти стали хорошо свариваются под флюсом и в углекислом газе, и лишь в исключительных случаях, когда требуется получение швов высокого качества, используется инертный газ.

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

Высокие технологические свойства при сварке сталей обеспечиваются при добавке к аргону до 1 - 5 % кислорода. При применении кислорода понижается критический ток, при котором капельный перенос переходит в струйный; дуга го-

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

рит стабильно, обеспечивая сварку небольших толщин. Кислород способствует увеличению плотности металла шва, улучшению сплавления, уменьшению подрезов и увеличению производительности процесса сварки. Кислород снижает содержание углерода в металле шва до более низкого уровня. Избыток кислорода в защитном газе приводит к образованию пор в металле шва.

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

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

Основными преимуществами рассматриваемого способа сварки являются следующие:

- высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и их сплавах разной толщины, особенно при сварке в инертных газах из-за малого угара легирующих элементов;
- возможность сварки в различных пространственных положениях;
- отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- возможность наблюдения за образованием шва, что особенно важно при механизированной сварке;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

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

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

Учитывая особенность марки стали и ее свариваемость, конструкцию изделия, особенности сварных швов, для сварки кислородного баллона целесообразно использовать автоматическую дуговую сварку в среде защитного газа плавящимся электродом.

Достоинства сварки в углекислом газе: высокая производительность, большой диапазон свариваемых толщин, низкая стоимость сварки, маневренность, отсутствие необходимости применения флюсов или покрытий, а, следовательно, и очистки швов от шлака и неиспользованных остатков флюса после сварки. Также следует помнить, что полумеханизированный способ сварки в  $CO_2$  применяется для сварки коротких швов недоступных для сварки автоматом. Сварка в среде углекислого газа обеспечивает глубокий провар. Качество сварного шва выше ручной сварки в 1,5 раза и на 15-20% выше полумеханизированной под слоем флюса. Качество сварного шва обеспечивается из-за малого угара легирующих элементов, возможности наблюдать за образованием шва.

#### 1.4 Выбор и описание сварочных материалов

Сварочные материалы, используемые в базовом варианте

Электроды УОНИ-13/55

Электроды марки УОНИ-13/55 предназначены для ручной дуговой сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости, особенно при работе в условиях пониженных температур. Сварка во всех пространственных положениях, кроме вертикального сверху вниз, постоянным током обратной полярности.

##### *Особые свойства*

Металл шва характеризуется высокой стойкостью против образования кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода. Сварку следует производить короткой дугой методом опирания. Свариваемые кромки должны быть очищены от окалины, ржавчины и следов масла.

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

### Характеристики плавления электрода

Производительность (для диаметра 4,0 мм) 9,5 г/(А х ч):1,4 кг/ч. Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 1,7кг. Сварку производят короткой дугой по очищенным кромкам. Обязательна прокатка перед сваркой: 150-180 ° С; 0,5 ч.

### Сварочные материалы, используемые в проектируемом варианте

#### Сварочная проволока Св-08Г2С

Св-08Г2С применяют при работе со сварочными автоматами и полуавтоматами в промышленности. С ее помощью можно выполнять ручную сварку любых изделий из стали. Она гарантирует прочное высококачественное соединение, характеризующееся чистым и очень ровным сварочным швом. Св-08Г2С незаменима для выполнения двух важных операций:

- образования на соединительном шве валика;
- заполнения пространства между краями свариваемого изделия.

Сварочная проволока обеспечивает надежное сваривание с ровным и чистым швом, а также заполняет зазор между краями металла. У этой марки небольшое содержание примесей: фосфора и серы. Это вредные вещества, которых в совокупности менее 0,03%. Также в ее составе незначительное количество хрома – 0,2% и никеля – до 0,25%. Практически нет титана и молибдена.

Химический состав наплавленного данной проволокой металла по ГОСТ 2246-70 представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 –Химический состав наплавленного металла по ГОСТ 2246-70, %

C	Si	Mn	S	P
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	≤0,025	≤0,03

Таблица 1.5 –Механические свойства металла шва и наплавленного металла по ГОСТ 2246-70

Механические свойства наплавленного металла	Нормативные	Типичные
Предел текучести, МПа	490-660	580
Временное сопротивление разрыву, МПа	≤375	475
Относительное удлинение, %	≤22	25
Работа удара, Дж	≤47(-20 <sup>0</sup> С)	50

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

В качестве защитных газов для сварки сталей в промышленности нашли широкое применение активные ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) и инертные ( $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ ) защитные газы.

Диоксид углерода (углекислота) отличается дешевизной и широкой распространенностью. Инертные газы более дорогие и требуют наличия специализированных заводов по производству газов. Смеси инертных газов с активными газами позволяет повысить устойчивость дуги, увеличить глубину проплавления, улучшить внешний вид сварного шва, уменьшить разбрызгивание металла при сварке плавящимся электродом, повысить плотность металла шва, увеличить производительность процесса сварки.

Для сварки низколегированных сталей марки 09Г2С наиболее выгодным и экономичным будет смесь газов – 80%  $\text{Ar}$  + 20%  $\text{CO}_2$ .

Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) — бесцветный, со слабым запахом, с резко выраженными окислительными свойствами, хорошо растворяется в воде. Тяжелее воздуха в 1,5 раза, может скапливаться в плохо проветриваемых помещениях, в колодцах, приямах. Состав двуокиси углерода представлен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Состав двуокиси углерода по ГОСТ 8050-85

Газ	Сорт	Содержание основных компонентов, об %				Содержание водяных паров, % не более	Температура насыщения, К не более
		$\text{Ar}$ Не менее	$\text{O}_2$ Не менее	$\text{N}_2$ Не более	$\text{CO}_2$ Не более		
Углекислый газ	Высший Первый	-	-	-	99,8	0,037	225
					99,5	0,184	

Серьезное влияние на свойства металла шва оказывает качество углекислого газа. Повышенное содержание водяных паров и воды способствует образованию пор даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

Согласно ГОСТ 8050-85,  $\text{CO}_2$  не должен содержать сероводород, кислоты, органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды, органические кислоты), аммиак, этаноламины, ароматические углеводороды.

## 1.5 Расчет параметров режимов сварки

Каркас, как сварная конструкция собран и сварен соединениями Т1 по ГОСТ 14771 – 76.

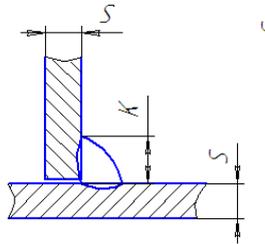


Рисунок 1.5 – Соединение Т1 -Δ4 по ГОСТ 14771-76, сварной шов №1

1. Рассчитаем площадь наплавленного металла для сварного шва №1

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05k \quad (1.3)$$

где  $k$  – катет шва,  $k = 8$  мм

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

Сваркой в защитном газе допускает получение сечений наплавленного металла сварного шва  $41 \text{ мм}^2$ . Однако, учитывая ответственность конструкции выполним сварку в 2 прохода. Примем площадь наплавленного металла равной  $F_H=41 \text{ мм}^2$ , что предполагает получение сварного шва катетом  $K = 8$  мм по формуле [5]

$$h_{K1} = (0,7 \div 1,1)K \quad (1.4)$$

$$h_{K1} = 1 \cdot 8 = 8,0 \text{ мм}$$

где  $h_{K1}$  – расчетная глубина проплавления, мм

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

Выполним расчет диаметра электродной проволоки  $d_{\text{э}}$  по формуле [5]

$$d_{\text{э}} = K_d F_n^{0.625} \quad (1.5)$$

где  $K_d$  – табличный коэффициент,  $K_d = 0,12$  [5]

при сварке в нижнем положении

$$d_{\text{э}} = 0,12 \cdot 41^{0.625} = 1,22 \text{ мм}$$

Примем  $d_{\text{э}} = 1,2$  мм, как диаметр проволоки из основного ряда диаметров по ГОСТ 2246-70.

Рассчитаем значение сварочного тока  $I_{\text{св}}$  через расчетную глубину проплавления и коэффициент проплавления  $K_H$  принимаем из таблицы [2]

$$I_{\text{св}} = \frac{h_{\text{к1}}}{K_H} 100, \text{ А} \quad (1.6)$$

$$I_{\text{св}} = \frac{6.0}{2.9} 100 = 286 \text{ А} \approx 290 \text{ А}$$

Примем  $I_{\text{св}} = 290 \pm 5 \text{ А}$

Рассчитаем оптимальный вылет электродной проволоки [5]

$$l_{\text{э}} = 10d_{\text{э}} \pm 2d_{\text{э}} \quad (1.7)$$

$$l_{\text{э}} = 10 \cdot 1.2 \pm 12 \text{ мм}$$

Рассчитаем величину потерь при сварке в  $\text{CO}_2$

$$\Psi = 16 \exp[-7.48 \cdot 10^{-5} \cdot (200-j)^2], \% \quad (1.8)$$

где  $j$  – плотность тока,  $\text{А/мм}^2$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		19

$$j = \frac{4 \cdot I_{CB}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.9)$$

$$j = \frac{4 \cdot 290}{3,14 \cdot 1,2^2} = 256 \text{ A / мм}^2$$

$$\Psi = 16 \exp[-7,48 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 256)^2] = 10,21 \%$$

Найдем величину коэффициента расплавления и наплавки [5]

$$\alpha_P = 1,21 \cdot I_{CB}^{0,32} \cdot l_{\text{э}}^{0,39} \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.10)$$

$$\alpha_P = 1,21 \cdot 290^{0,32} \cdot 8^{0,39} \frac{1}{1,2^{0,64}} = 17 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

$$\alpha_H = \alpha_P \frac{100 - \Psi}{100} \quad (1.11)$$

$$\alpha_H = 17 \frac{100 - 10,21}{100} = 15,26 \text{ г / A} \cdot \text{ч}$$

где  $\alpha_P$  – коэффициент расплавления г/А·ч;

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки г/А·ч

Рассчитаем скорость сварки корневого прохода  $V_{CB1}$

$$V_{CB1} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \rho \cdot F_{H1}} \quad (1.12)$$

$$V_{CB1} = \frac{15,26 \cdot 290}{3600 \cdot 7,8 \cdot 41} = 0,4 \text{ мм / с} = 14,76 \text{ м / ч}$$

где  $\rho$  – плотность стали,  $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$

Рассчитаем напряжение на дуге, В [5]

$$U_D = 14 + 0,05 \cdot I_{CB} \quad (1.13)$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 290 = 29 \text{ В}$$

Выполним расчет погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{CB} U_d \eta}{V_{CB}} \quad (1.14)$$

$$q_n = \frac{290 \cdot 29 \cdot 0,75}{0,4} = 15769 \text{ Дж / см}$$

где  $q_n$  – погонная энергия, Дж/см

$\eta$  – коэффициент полезного действия дуги,  $\eta = 0,75$

Рассчитаем коэффициент провара  $\psi_{ПР}$  по формуле [5]

$$\psi_{ПР} = K(19 - 0,01 I_{CB}) \frac{d_{\text{э}} U_d}{I_{CB}} \quad (1.15)$$

$$\psi_{ПР} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 290) \frac{1,2 \cdot 29}{290} = 1,77$$

где  $\psi_{ПР}$  – коэффициент провара

$K$  – коэффициент, величина которого зависит от плотности тока и полярности; при  $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$  для постоянного тока обратной полярности  $K = 0,92$

Коэффициент формы провара описывает соотношение ширины шва к глубине проплавления. Нормально сформированными считаются сварные швы с коэффициента  $\psi_{ПР}$  в пределах  $\psi_{ПР} = 0,8 \div 4$ , то сварной шов соответствует нормам формирования.

Проверим глубину проплавления по формуле [5]

$$h = 0,0081 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{ПР}}} \quad (1.16)$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

$$h = 0.0081 \sqrt{\frac{15769}{1,77}} = 0,75 \text{ см}$$

где  $h_p$  – глубина проплавления

Заданная глубина проплавления  $h = 8,0$  мм, расчетная глубина проплавления  $h_p = 7,5$  мм, отклонение менее 10%, что допустимо.

Рассчитаем скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{э.ли}} = \frac{4 \cdot F_{\text{ли}} \cdot V_{\text{св}} \cdot (1 + 0.01 \psi_p)}{\pi \cdot d_{\text{э.ли}}^2} \quad (1.17)$$

$$V_{\text{э.ли}} = \frac{4 \cdot 41 \cdot 14,76 \cdot (1 + 0.01 \cdot 1,77)}{3.14 \cdot 1.2^2} = 555 \text{ м/ч}$$

Таблица 1.7 - Параметры режима сварки соединения Т1

$d_{\text{э}}$ , мм	$I_{\text{св}}$	$l_{\text{э}}$ , мм	$V_{\text{св}}$ , м/ч	$U_{\text{д}}$ , В	$V_{\text{ПП}}$ , м/ч	$F_{\text{Н1}}$ , мм <sup>2</sup>
1,2	290±5	12	15±1	29	555	41

## 1.6 Выбор оборудования

Сборочный стенд с роботом относится к специализированному оборудованию, т.к. позволяет собирать планку.

Сборочный стенд состоит из сварной рамы, двух балок, служащих постелью для собираемой планки, с двумя вертикальными пневматическими прижимами. Одну из опорных балок при помощи винтов через привод можно установить в соответствии с высотой собираемой планки. Установочными элементами для полок являются регулируемые винтовые упоры. Установка их по высоте зависит от ширины и длины.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

Таблица 1.8 - Технические данные станда с передвижным порталом

Параметры	Значение
Размеры собираемых	
• длина, мм	до 4000
• высота, мм	40-200
• ширина планки, мм	до 600
• толщина планки, мм	до 50
Усилие, развиваемое прижимом, м/мин	
• вертикальным, кН	25
• горизонтальным, кН	50
Габаритные размеры, мм	5300x1000x 1500
Масса, кг	1380

### 1.6.1 Установка для сварки планки

Установка состоит из кантователя для поворота сварной колонны, велосипедной тележки ВТ-1 для автоматической сварки прямолинейных швов.

Основными элементами кантователя являются:

- неподвижная стойка, на ней размещается привод, включающий в себя электродвигатель, два редуктора, соединения муфты и вал, оканчивающийся зажимом;

- передвижная стойка, на ней размещается ось, с одной стороны которой крепится зажим, а с другой штурвал.

Зажим имеет неподвижную часть, на которой размещается по два установочных пальца  $D=30$  мм и подвижная часть крепится на оси, которая поднимается на  $90^\circ$ . После того, как при помощи кантователя устанавливается удобное положение, происходит сварка конструкции.

Таблица 1.9 - Технические данные кантователя

Параметры	Значение
Грузоподъемность, т	14
Допускаемый момент на оси, кгм	800
Высота центров, мм	600-1100
Скорость вращения штурвала, мин <sup>-1</sup>	1,6
Длина сварных узлов, мм	до 4000
Масса, кг	12 400

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

## 1.6.2 Полуавтомат ПДГ-510

При полуавтоматической сварке механизирована только операция подачи электродной проволоки, а передвижение дуги вдоль свариваемого шва осуществляется вручную.

Сварочный полуавтомат ПДГО-510 предназначен для полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в среде смеси газов

Таблица 1.10 - Техническая характеристика ПДГО-510

Параметры	Значение
Номинальное напряжение сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2-2,0
Масса электродной проволоки, кг	12
Расход газа, л/мин	8-20
Номинальный сварочный ток, А	500
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	100-740

Комплектуется сварочным выпрямителем ВДУ-511. Полуавтомат предназначен для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. В комплект полуавтомата входит:

- механизм подачи для электродной проволоки толкающего типа;
- шкаф управления;
- газовая аппаратура;
- сварочная горелка.

В комплект газовой аппаратуры входят

- баллоны;
- редукторы;
- осушители;
- расходомеры;
- газовые клапана.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.550 ПЗ

Лист

24

Регулирование скорости подачи электродной проволоки плавное, скорость подачи стабилизирована. Шкаф управления служит для обеспечения питания электродвигателя, подогревателя газа, электромагнитного газового клапана с пониженным напряжением, а также автоматической подачи проволоки и газа. С помощью горелки возбуждается сварочная дуга и осуществляется формирование и направление струи защитного газа. В горелке закреплен токоподводящий наконечник для направления подачи электродной проволоки.

### 1.6.3 Сварочный выпрямитель ВДУ-511

Выпрямитель сварочный универсальный используется как источник тока для полуавтоматической и автоматической сварки и ручной дуговой сварки сварочным электродом на постоянном токе в среде защитных газов.

ВДУ-511 - это регулируемый тиристорным выпрямителем источник. Он имеет регулируемые падающую или комбинированную внешнюю вольт-амперную характеристику.

Данный выпрямитель предназначен для полуавтоматической сварки (MIG) с коротким замыканием в среде защитных газов сварочной проволокой. Основные особенности - это возможность выполнять стыковые и угловые сварные швы в любых пространственных положениях при токе более 250А. Основная область применения универсального сварочного выпрямителя — ВДУ-511- это машиностроение.

Выпрямитель ВДУ-511 с механизмом подачи сварочной проволоки ПДГО-510 отлично подходит при сварке (например в цеховых условиях) на токах до 450А (ПВ=100%).

#### **Технические особенности ВДУ-511:**

- Плавная регулировка сварочного тока
- Плавная регулировка сварочного напряжения
- Комбинированная внешняя вольтамперная характеристика
- Встроенное питание 36В для установки подогревателя защитного газа

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		25

- Имеется защита от тепловой перегрузки
- Быстросъемные разъемы для подключения сварочного кабеля
- Класс изоляции Н (ГОСТ 8865-70)
- принудительное воздушное охлаждение

Таблица 1.11 - Техническая характеристика ВДУ-511

Параметры	ММА	ТИГ	MIG/MAG
Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы		
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, ПН, %)	400(100), 500(60)		
Пределы регулирования сварочного тока, А	30-400	30-400	50-500
Напряжение холостого хода, В, не более	55		
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	21-34	11...26	16,5-39
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА, не более	23	24	29
Масса, кг, не более	260		
Габаритные размеры, мм,			

#### 1.6.4 Сварочный робот Fanuc Arc Mate 100iC/8L



Рисунок 1.9 - Fanuc Arc Mate 100iC/8L

Робот для дуговой сварки Fanuc Arc Mate 100iC/8L разработан специально для дуговой сварки. Это обновленный робот-сварщик, отличающийся более тонкой и легкой рукой, по сравнению с аналогами.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

Преимущества заключаются в большой рабочей зоне и высокоэффективном перемещении, которые дополнены позиционированием без вибраций, а так же быстрым ускорением и замедлением. Устройство ARC Mate 100iC/8L теперь потребляет значительно меньше энергии и имеет эффективную модульную конструкцию.

### **Характеристики:**

- Тип робота: Универсальный, предназначен для дуговой сварки, имеет полное запястье
- Число степеней свободы: 6
- Дотягаемость: 2028 мм
- Грузоподъемность: 8 кг
- Точность \ повторяемость: 0.08 мм
- Вес манипулятора: 150 кг
- Степень защиты IP: IP54
- 

### **Сварочный источник LORCH S-RoboMIG**



Рисунок 1.10 - Сварочный источник LORCH S-RoboMIG

Источники питания для роботизированной сварки мощностью от 25 до 500 А. Данные аппараты были построены на основе импульсных аппаратов серии S.

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					

*ДП 44.03.04.550 ПЗ*

Они имеют схожую с аппаратами серии S концепцию управления, что позволяет легко и быстро разобраться в управлении данными источниками.

### 1.6.5 Кантователь двустоечный с подъемным центром КДП-8

Кантователь предназначен для поворота балочных и решетчатых конструкций при сборке и сварке.

Таблица 1.12 - Технические характеристики двустоечного кантователя КДП-8

Параметры	Значение
1	2
Грузоподъемность, т	8
Допустимый момент на оси вращения, Н*м	20000
Высота центров, мм	
• наименьшая	600
• наибольшая	1100
Скорость вращения, мин <sup>-1</sup>	1
Скорость подъема центров, м/мин	1,3
Наибольшая длина свариваемых изделий, мм	4000
Габаритные размеры, мм	5300x1000x 1500
Масса, кг	13500

### 1.6.6 Контроль качества сварных соединений

Контроль качества шва необходимо производить для выявления наружных дефектов шва.

Для выявления наружных дефектов используем визуально-измерительный контроль шва и МПД (магнитно-порошковая дефектоскопия). Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретиче-

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

ских дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Магнитопорошковый контроль (МПД). Для обнаружения дефекта на поверхность контролируемого изделия наносят магнитный порошок. После намагничивания детали частички порошка соединяются в цепочку, а над дефектом они скапливаются под действием результирующей силы.

МПД предназначен для выявления тонких поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности металла - дефектов, распространяющихся вглубь изделий. Такими дефектами могут быть трещины, волосовины, надрывы, флокены, непровары, поры. Чувствительность МПД определяется магнитными характеристиками материала контролируемого изделия, шероховатостью поверхности контроля, ориентацией намагничивающих полей по отношению к плоскости дефекта, качеством дефектоскопических средств и освещенностью контролируемой поверхности.

Виды наружных дефектов: перекос и смещение кромок, неравномерное сечение шва по ширине и толщине, подрезы кромок основного металла, прожоги, не провары, незавершенные углубления швов, наружные трещины в шве, основном металле и др.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки планки сцепного устройства вагона с применением автоматической (роботизированной) сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой металлическими электродами с покрытием. При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили: источник питания ESAB Origo Mig 652с, электрододержатель, сварочная плита.

Проектируемая технология предполагает замену ручной дуговой сварки планки на автоматическую сварку в защитной смеси К-20 (Ar-80%; CO<sub>2</sub> – 20%).  
Оборудование: Роботизированная ячейка: сварочный робот FanucArcMate 100iC/8L, контроллер KR C4, источник питания LORCH S-RoboMIG, двустоечного кантователя КДП-8.

## 2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

Определение технологических норм времени для получения сварного изделия

Общее время на выполнение сварочной операции  $T_{шт-к}$ , ч., состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{нз} + t_{в} + t_{обс} + t_n, \quad (2.1)$$

где  $T_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение сварочной операции, ч.;

$t_{осн}$  – основное время, ч.;

$t_{нз}$  – подготовительно-заключительное время, ч.;

$t_{в}$  – вспомогательное время, ч.;

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		30

$t_{обс}$  – время на обслуживание рабочего места, ч.;

$t_n$  – время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

Основное время ( $t_{осн}$ , ч)– это время на непосредственное выполнение сварочной операции. Оно определяется по формуле:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (2.2)$$

где  $L_{шв}$  – сумма длин всех швов,  $m\Sigma L_{шв} = 760$  мм;

$V_{св}$  – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 15$  м/ч (расчетная величина из раздела 1);

$V_{св}$  – скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 8$  м/ч

Определяем основное время по формуле для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{0,760}{8} = 0,095 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{0,760}{18} = 0,0422 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

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

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = \frac{0,095 \cdot 10}{100} = 0,0095 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{нз} = 0,0042 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

Вспомогательное время ( $t_в$ ) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой  $t_э$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , клеймение швов  $t_{кл}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{уст}$ :

$$t_в = t_э + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (2.3)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным  $t_э = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$ .

Время зачистки кромок или шва  $t_{кр}$  (мин.) вычисляют по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (2.4)$$

где  $n_C$  – количество слоев при сварке за несколько проходов,  $n_C = 1$ ;

$L_{шв}$  – длина шва, м,  $L_{шв} = 0,760 \text{ м}$ .

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле для обоих вариантов

$$t_{кр} = 0,760 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1-1)) = 0,456 \text{ мин.} = 0,0076 \text{ ч.}$$

Сварка и в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$  (мин.) рассчитываем по формуле

$$t_{бр} = L_{шв} (0,6 + 1,2 \cdot (n_C - 1)) \quad (2.5)$$

$$t_{бр} = 0,0076 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 мин. на 1 знак,  $t_{кл} = 0,456 \text{ мин.} = 0,0076 \text{ ч}$ .

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{уст}$ ) зависит от его массы, данные указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы

Элементы работ	Вес изделия, кг						
	5	10	15	25	до 40	до 50	до 100
	Время, мин						
	вручную				краном		
Установить, повернуть, снять сборочную единицу и отнести на место складирования	1,30	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{уст} = 6 \text{ мин.} = 0,1 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение  $t_g$  для обоих вариантов (оно одинаково)

$$t_g = 0,083 + 0,0076 + 0,0076 + 0,0035 + 0,1 = 0,2 \text{ ч.}$$

Время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) включает в себя время на установку режима сварки, наладку автомата, уборку инструмента и т.д., принимаем равным:

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08) \cdot t_{осн} \quad (2.6)$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) по формуле для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,095 = 0,007 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,042 = 0,003 \text{ ч.}$$

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

$$t_n = 0,07 \cdot t_{очн} \quad (2.7)$$

Рассчитываем  $t_n$  по формуле для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 0,0095 = 0,007 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,042 = 0,003 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени  $T_{шт-к}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле

$$T_{шт-к} = 0,095 + 0,1 + 0,2 + 0,007 + 0,007 \approx 0,41 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,046 + 0,1 + 0,2 + 0,003 + 0,003 \approx 0,35 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

## 2.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

### 1) Время сварки на одно изделие:

$$T_{шт} = L_{шв} / V_{св} \quad (2.8)$$

$$t_{очн} = 0,095 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{очн} = 0,042 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

Определяем общую трудоемкость *годовой производственной программы*  $T_{произв. пр.}$  сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (1), где  $N$  – годовая программа, *шт.*, в нашем случае  $N = 1000 \text{ шт.}$

$$T_{произв. пр.} = T_{шт} \cdot N \quad (2.9)$$

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

где  $T_{шт-к}$  - штучно-калькуляционное время технологической операции - сварки, ч.  
на одну металлоконструкцию;

$N$  – годовая программа, шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,41 \cdot 1000 = 410 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,35 \cdot 1000 = 350 \text{ ч.}$$

Определим трудоемкость только процесса сварки при выполнении годовой производственной программы

$$T_{\text{год}} = t_{\text{осн}} \cdot N \quad (2.10)$$

$$T_{\text{год}} = 0,095 \cdot 1000 = 95 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{год}} = 0,042 \cdot 1000 = 42 \text{ ч.}$$

Рассчитаем количество единиц сварочного оборудования:

$$C_p = \frac{T_{\text{год.}}}{\Phi_{\delta} \cdot K_H \cdot K_{см}} \quad (2.11)$$

где  $\Phi_{\delta}$  – действительный фонд времени работы оборудования, час.

( $\Phi_{\delta} = 1914$  час);

$K_H$  – коэффициент выполнения норм ( $K_H = 1,1 \dots 1,2$ );

$K_{см}$  – количество смен, ( $K_{см} = 2$ )

$$C_p = \frac{95}{1914 \cdot 1,2} = 0,04 \text{ шт}$$

$$C_p = \frac{42}{1914 \cdot 1,2} = 0,02 \text{ шт}$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

Принятое количество оборудования  $C_p$  определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 – 6%. Таким образом, по базовой технологии используются три рабочих места для сварки годового объема продукции. По новой измененной технологии достаточно двух установок для автоматической сварки в среде защитного газа. Примем для базового варианта  $C_{np} = 1$  шт., а для проектируемого варианта примем  $C_{np} = 1$  шт.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования КЗ производим по формуле

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} \quad (2.12)$$

$$K_3 = \frac{0,04}{1} = 0,04 \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_3 = \frac{0,02}{1} = 0,02 \text{ (проектируемый вариант).}$$

### 2.3 Расчет капитальных вложений

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

Таблица 2.2 – Состав и стоимость технологического оборудования

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт	1000	1000
Сварочный выпрямитель ESAB Origo Mig 652с	руб./шт	320000	
Сварочно-сборочный стол	руб./шт	5000	
Роботизированная ячейка, ВСЕГО: сварочный робот Fanuc Arc Mate 100iC/8L, контроллер KR C4, источник питания LORCH S-RoboMIG, вращатель-позиционер КДП-8	руб./шт		4600000 3000000 180000 1000000 420000

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

## Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4
Приспособление для сборки и сварки	руб./шт		120000
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø 1,2 мм, Ц <sub>о</sub>	руб./кг	80	80

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле

Балансовая стоимость оборудования ( $K_{обj}$ ) определяется:

$$K_{обj} = Ц_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \quad (2.13)$$

где  $Ц_{обj}$  – цена приобретения одного комплекта оборудования, руб.;

$K_{мз}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, затраты устройство фундамента, монтаж, наладку ( $K_{мз} = 0,12$ ).

$$K_{обj} = Ц_{обj} \cdot (1 + K_{тз}) \quad (2.14)$$

$$K_{обj} = 325000 \cdot (1 + 0,12) = 364000 \text{ руб.} \quad . \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_{обj} = 4720000 \cdot (1 + 0,12) = 9320000 \text{ руб.} \quad . \text{ (проектируемый вариант).}$$

Капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объёма работ ( $K_{об}$ , руб. ) определяется по формуле:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{Пj} \cdot K_{зj}, \quad (2.15)$$

$$K_{об} = 364000 \cdot 1 \cdot 0,7 = 364000 \text{ руб.} \quad . \text{ (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 9320000 \cdot 1 \cdot = 9320000 \text{ руб.} \quad . \text{ (проектируемый вариант).}$$

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

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

$K_{зj}$  – коэффициент загрузки  $j$ -ого оборудования,  $K_{зj} = 1$ , т.к. загрузка участка другой продукцией не предполагается.

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

Рассчитанные данные заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Цена комплекта оборудования, руб.	325 000	9320000
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	325357	10252000
Количество комплектов оборудования, шт.	1	1
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	325357	10252000

### Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

#### 2.4 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

Таблица 2.4 – Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска изделий

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Сталь 09Г2С, $C_k$	руб./т	40000	40000
Тариф на электроэнергию, $C_{элм}$	руб./кВт-час	3,16	3,16
Защитный газ CO <sub>2</sub> , $C_{з.г}$	руб./л	0,08	
Защитный газ (смесь К20), $C_{з.г}$	руб./л		0,13
Расход защитного газа	л/мин	8	26
Длина сварного шва	м	0,760	0,760
Квалификационный разряд электросварщика	разряд	4	5
Тарифная ставка, $T_{ст}$	руб.		
Сварщики		144	168
Вспомогательные рабочие		130	130
Масса конструкции	т	0,039	0,039

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходом ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости проводим по формуле (2.12).

$$C_T = MЗ + З_э + З_{пр}, \quad (2.12)$$

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

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

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

#### *Расчет материальных затрат*

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

Материальные затраты ( $MЗ$ , руб.) рассчитываются по формуле (2.13).

$$MЗ = C_{о.м} + C_{др} + C_{ЭН}, \quad (2.13)$$

где  $C_{о.м}$  - стоимость основных материалов в расчете на одно металлоизделие, руб.;

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

$C_{др}$  - стоимость прочих компонентов в расчете на одно металлоизделие.

К основным - относятся материалы, из которых изготавливаются конструкции, а при процессах сварки также учитываются и сварочные материалы: электроды, сварочная проволока, присадочный материал (защитный газ, сварочный флюс).

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

Стоимость основных материалов ( $C_{o.m}$ , руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.14).:

$$C_{o.m} = [C_{к.м} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр}, \quad (2.14)$$

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

Стоимость конструкционного материала ( $C_{к.м}$ )

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 20.

$$C_{к.м} = m_{к} \times Ц_{к.м}, \quad (2.15)$$

где  $m_{к}$  – масса конструкции,  $m_{к} = 0,039$  т;

$Ц_{к.м}$  - цена одной тонны конструкционного материала,  $Ц_{к.м} = 40000$  руб.

$$C_{к.м} = 0,039 \cdot 40000 = 1560 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 40000 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \psi \cdot Ц_{с.п.} \cdot K_{тр}, \quad (2.16)$$

где  $M_{нм}$  – масса наплавленного металла, кг;

$\psi$ - коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде  $CO_2$ -  
 $\psi = 1,15-1,20$ ; сварка в смеси K20  $\psi = 1,01-1,04$ );

$Ц_{с.п.}$ - оптовая цена 1 кг сварочной проволоки,  $Ц_{с.п.} = 80$  руб.;

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

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

Масса наплавленного металла  $M_{нм}$  рассчитывается по формуле:

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot \rho_{нм}, \quad (2.17)$$

где  $V_{нм}$  - объем наплавленного металла, см<sup>3</sup>;

$\rho_{нм}$  - плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_{стали} = 7,8$  г/см<sup>3</sup>).

Объем наплавленного металла  $V_{нм}$  рассчитывается по формуле:

$$V_{нм} = L_{шв} \cdot F_o, \quad (2.18)$$

где  $F_o$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см<sup>2</sup>;

$L_{шв}$  - длина сварного шва, см.

Исходные данные для расчетов:

$$L_{шв} = 0,760 \text{ м} = 76 \text{ см}$$

$$F_o = 41 \text{ мм}^2 = 4,1 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 76 \cdot 4,1 = 311,6 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 311,6 \cdot 7,8 = 2431 \text{ г} \approx 2,431 \text{ кг}$$

Производим расчеты  $C_{св.пр}$  на изготовление одной металлоконструкции по формуле:

$$C_{св.пр} = 2,431 \cdot 1,2 \cdot 80 \cdot 1,05 = 2450 \text{ руб. (базовый вариант – сварка в CO}_2)$$

$C_{св.пр} = 2,431 \cdot 1,02 \cdot 80 \cdot 1,05 = 208 \text{ руб. (проектируемый вариант – сварка в защитной смеси К-20).$

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (2.19).

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

$$C_{op} = t_{ocн} \cdot q_{зг} \cdot k_p \cdot Ц_{зг} \cdot K_m, \quad (2.19)$$

где  $t_{ocн}$  – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант  $t_{ocн} = 198$  мин., проектируемый вариант  $t_{ocн} = 88$  мин.;

$q_{зг}$  – защитного газа,  $CO_2$  – 8 л/мин., смесь К20 – 26 л/мин.;

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

$Ц_{зг}$  – цена газа за один  $дм^3$  газа в свободном состоянии,  $CO_2$  – 0,08 руб./ $дм^3$ , смесь К20 – 0,13 руб./ $дм^3$ ;

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

$$C_{зг} = 0,095 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 0,07 \text{ руб. (базовый вариант – защитный газ } CO_2)$$

$$C_{зг} = 0,042 \cdot 26 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,05 = 0,16 \text{ руб. (проектируемый вариант – защитная смесь К-20)}$$

Стоимость основных материалов ( $C_{o.m}$ , руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле:

$$C_{o.m} = (1560 + 2450 + 0,07) \cdot 1,05 = 4211 \text{ руб.}$$

$$C_{o.m} = (1560 + 208 + 0,16) \cdot 1,05 = 1857 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию,  $Z_э$ , расходуемую на выполнение технологической операции сварки металлоизделия, рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_э = \alpha_э \cdot W \cdot Ц_э, \quad (2.20)$$

где  $\alpha_э$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

$W$  – расход электроэнергии, кВт·ч;

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

ЦЭ – цена за 1кВт/ч; ЦЭ = 3,16кВт/ч.

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе величину αэ можно принимать равной - 5...8 кВт·ч/кг

$$З_9 = 2,431 \cdot 8 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 46 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$З_9 = 2,431 \cdot 5 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 29 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы (МЗ) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле:

По базовому варианту:

$$МЗ = 4211 + 0,07 + 46 = 4257 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$МЗ = 1857 + 0,16 + 29 = 1886 \text{ руб.}$$

#### *Расчет численности производственных рабочих*

Определяем численность производственных рабочих (основных рабочих - сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $Ч_{ор}$ , а также сварщиков в их числе  $Ч_{св}$  определяется по формуле:

$$Ч_{ор} = \frac{T_{произв. пр.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B}, \quad (2.21)$$

$$Ч_{св} = \frac{T_{год.}}{\Phi_{др} \cdot n \cdot K_B} \quad (2.22)$$

где  $T_{произв. пр.}$  - трудоемкость производственной программы, час.;

$\Phi_{др}$  - действительный фонд времени производственного рабочего

( $\Phi_{др} = 1870 \text{ час.}$ );

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

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

$$Ч_{op} = \frac{95}{1870 \cdot 1,1} = 0,046 \text{ примем } Ч_{op} = 1 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{op} = \frac{42}{1870 \cdot 1,1} = 0,020,11 \text{ примем } Ч_{op} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

примем  $Ч_{op} = 1$  человек,  $Ч_{св} = 1$  человек.

### *Расчет расходов на оплату труда производственных рабочих*

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (Зпр) с отчислениями на социальное страхование рассчитывается по формуле (при применении повременной формы оплаты труда сварщиков и вспомогательных рабочих)

$$З_{пр} = (Рпв_{св} + Рпв_{вс}) \cdot Кпр \cdot Кд \cdot Ксс + Двр, \quad (2.23)$$

$$Рпв = Тст \cdot Фр \cdot Ч / N \quad (2.24)$$

где  $Фр$  - годовой действительный фонд времени одного рабочего, час.

( $Фр \approx 1870$  час.);

$Тст$  - тарифная ставка; для сварщиков в базовом варианте - 144 руб./час., в проектируемом - 168руб./час.; для вспомогательных рабочих - 130 руб/час.;

$Ч$  - количество рабочих; в базовом варианте сварщиков  $Ч_{св} = 1$  чел. в проектируемом  $Ч_{св} = 1$  чел.

$N$  - годовая программа выпуска металлоизделий,  $N = 1000$  шт.

$Рпв$  –расценка за единицу изделия для сварщиков  $Рпв_{св}$  и вспомогательных рабочих  $Рпв_{вс}$ , руб.;

$Кпр$  – коэффициент премирования, (данные предприятия),  $Кпр = 1,5$ ;

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

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

$K_d$  - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы, (статья «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям). Размер выплат предусмотрен обычно в пределах 10% - 20% от основной зарплаты),  $K_d = 1,2$ ;

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

$$P_{пв_{св}} = 144 \cdot 1870 \cdot 1 / 1000 = 269,28 = 270 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{пв_{св}} = 168 \cdot 1870 \cdot 1 / 1000 = 314,16 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда (только для сварщиков) рассчитывается по формуле

$$D_{вр} = T_{ст} \cdot T_{вр} , \quad (2.25)$$

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

$T_{ст}$  – тарифная ставка сварщиков, для базового варианта  $T_{ст} = 144$  руб.; для проектируемого  $T_{ст} = 168$  руб.;

$T_{вр}$  – время работы во вредных условиях труда,  
 $T_{вр} = T_{шт-к}$  (0,05 ... 0,51), мин.; для полуавтоматической и роботизированной сварки коэффициент принимаем соответственно 0,51 и 0,05.

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих  $Z_{пр}$  (с учетом доплат за вредность для сварщиков) приходящихся на одно изделие:

$$D_{вр} = 144 \cdot 0,63 \cdot 0,51 = 46,27 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{пр} = 270 + 46,27 = 316,3 \text{ руб.}$$

$$D_{вр} = 168 \cdot 0,37 \cdot 0,05 = 3,11 \text{ руб. (проектный вариант)}$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

$$Z_{пр} = 315 + 3,11 = 317,3 \text{ руб.}$$

Выполним расчет расходов на оплату труда рабочих  $Z_{пр}$  на годовую программу:

$$Z_{год} = N \cdot Z_{пр}$$

$$Z_{год} = 1000 \cdot 316,3 = 316300 \text{ руб. (базов. вариант)}$$

$$Z_{год} = 1000 \cdot 314,3 = 314300 \text{ руб. (проект. вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости  $C_T$  изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ( $N= 1000$  шт.) в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, Со.м , руб.	4211	1857
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), Сэн, руб.	46	29
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), Зпр, руб.	316300	314300
Технологическая себестоимость, $C_T$ , руб./металлоизделие	320557	316186

Расчет производственной себестоимости изготовления металлоизделия

Производственная себестоимость ( $C_{пр}$ , руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет  $C_{пр}$  проводят по формуле:

$$C_{пр} = C_T + P_{пр} + P_{хоз} , \quad (2.26)$$

где  $C_T$  – технологическая себестоимость, руб.;

$P_{пр}$  – общепроизводственные (цеховые) расходы, руб.;

$P_{хоз}$  – общехозяйственные расходы, руб.

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

В статью «Общепроизводственные расходы» ( $P_{пр}$ , руб.) включаются:

- амортизационные отчисления технологического оборудования, установленного в цехе;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- расходы на оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов;
- расходы на охрану труда работников и др.

$$P_{пр} = C_A + C_p + P_{пр} \quad (2.27)$$

где  $C_A$  – затраты на амортизацию оборудования, руб.;

$C_p$  - на ремонт и техническое обслуживание оборудования, руб.;

$P_{пр}^*$  - расходы на содержание производственных помещений (отопление, освещение).

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие ( $C_A$ ), при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле:

$$C_A = \frac{K_{об} \cdot H_A \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_D \cdot K_B} \cdot K_O \quad (2.28)$$

где  $K_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

$H_A$  – норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки  $H_A = 14,7$  %;

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

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		47

$T_{шт-к}$  – время на выполнение сварочной операции на годовую программу производства, час.;

$K_O$  – коэффициент загрузки оборудования;

$n_o$  – количество оборудования, шт.;

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

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{325357 \cdot 14,7 \cdot 0,41}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,04 = 37255 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант

$$C_A = \frac{10252000 \cdot 14,7 \cdot 0,35}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,02 = 50106 \text{ руб.}$$

Другие затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования, Ср, руб. рассчитываются по формуле:

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (2.29)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование и техоснастку, руб.;

Значение  $D$  принимается равным 3 %.

$$C_p = \frac{325357 \cdot 3}{100} = 9761,00 \text{ руб}$$

$$C_p = \frac{10252000 \cdot 3}{100} = 307560 \text{ руб.}$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48



$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 316300}{100} = 79075 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 314300}{100} = 78575 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Выполним расчет общепроизводственных расходов (2.27)  
по базовому варианту:

$$P_{пр} = 37255 + 9761 + 31630 = 78646 \text{ руб.}$$

по проектируемому варианту:

$$P_{пр} = 50106 + 307560 + 31430 = 389096 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости по формуле (2.26)

По базовому варианту:

$$C_{ПР} = 320557 + 78646 + 79075 = 478278 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$C_{ПР} = 316186 + 389096 + 78575 = 783857 \text{ руб.}$$

## 2.5 Расчет полной себестоимости

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, Сп производим по формуле:

$$C_{П} = C_{ПР} + P_{к}, \quad (2.32)$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

где  $P_k$  – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $P_k$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле:

$$P_k = \frac{\%P_k \cdot C_{пр}}{100} \quad (2.33)$$

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

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 478278}{100} = 478 \text{руб (базовый вариант)}$$

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 783857}{100} = 784 \text{руб (проектируемый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 478278 + 478 = 478756 \text{руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\Pi} = 783857 + 784 = 784641 \text{руб. (проектируемый вариант)}$$

Результаты расчетов себестоимости изготовления металлоизделий сводятся в таблицу 2.6

Таблица 2.6 – Калькуляция себестоимости по сравниваемым вариантам, руб.

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант	Отклонения (+,-) проектируемый вариант в сравнении с базовым
1	2	3	4
1. Материальные затраты:	4257	1886	2371
2. Затраты на технологическую электроэнергию	46	29	17
3. Заработная плата производственных рабочих	316,30	314,3	2
Итого технологическая себестоимость, Ст	320557	316186	4371



$$Ц = (C_n * K_p) / N, \quad (2.35)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска изделий, шт.,  $N = 1000$

$$Ц_1 = (478756 \cdot 1,3) / 1000 = 622 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = (784641 \cdot 1,5) / 1000 = 1177 \text{ руб.}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий ( $B$ ) по базовому и проектируемому вариантам:

$$B = Ц * N \quad (2.36)$$

$$B_1 = 622 \cdot 1000 = 622000 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 1177 \cdot 1000 = 1177000 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.33) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий

$$\Pi = B - C_{\Pi}, \quad (2.37)$$

$$\Pi_1 = 622000 - 478756 = 143244 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 1177000 - 784641 = 392359 \text{ руб.}$$

*Изменение (прирост, уменьшение) прибыли  $\Delta\Pi$  в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле:*

$$\Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1, \quad (2.38)$$

$$\Delta\Pi = 392359 - 143244 = 249115 \text{ руб.}$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций,  $N_{кр}$ ) проводим по формуле (58) по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер.}}, \quad (2.39)$$

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

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

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

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

$$C_{пер} = C_{тех}/N \quad (2.40)$$

$$C_{пер} = 320557/1000 = 320,557 \text{ руб}$$

$$C_{пер} = 316186/1000 = 316,186 \text{ руб}$$

$$N_{кр1} = \frac{478756 - 320557}{622 - 320,57} = 61 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{784641 - 316186}{1177 - 316,186} = 236 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции,  $R$ , выполняем по формуле:

$$R = \frac{\Pi}{C_n} * 100 \quad (2.41)$$

$$R_1 = \frac{143244}{478756} \cdot 100 = 30 \%$$

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		54

$$R_1 = \frac{392359}{784641} \cdot 100 = 50 \%$$

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.),  $\Pi_{тр}$  производим соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{тр} = \frac{B}{\mathcal{C}_{ор}}, \quad (2.42)$$

$$\Pi_{тр1} = \frac{622000}{1} = 622000 \text{ руб./чел.}$$

$$\Pi_{тр2} = \frac{1177000}{1} = 1177000 \text{ руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений,  $T_o$  производим по формуле:

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta \Pi} \quad (2.43)$$

$$T_o = \frac{10252000 - 325357}{249115} = 3,9 \text{ года}$$

После проведения экономических расчетов сгруппируем результирующие показатели экономической эффективности в виде таблицы.

Таблица 2.7 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	1000	1000	-
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, B	руб.	622000	1177000	555000
3	Капитальные вложения, K	руб.	325357	10252000	9926643
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, $C_T$	руб.	320557	316186	4371



### 3 Методическая часть

В технологической части разработанного дипломного проекта разработана технология сборки и сварки планки автосцепки. В процессе разработки предложена замена ручной дуговой сварки планки на электродуговую сварку с использованием роботизированного сварочного комплекса. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сборочного и сварочного оборудования на более современное, что позволяет использование сварочного автомата для производства процесса сварки. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

К сварочным работам по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (3-й разряд)», в связи с этим целесообразно разработать программу переподготовки рабочих сварочной специализации и провести данную программу в рамках промышленного предприятия.

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

*Профессиональные стандарты применяются:*

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

					ДП 44.03.04.550 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		57



<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Трудовая функция</i>	Подготовка, сборка, сварка и зачистка после сварки сварных швов элементов конструкции (изделий, узлов, деталей)	Полностью механизированная и автоматическая сварка плавлением металлических материалов
<i>Трудовые действия</i>	<p>Ознакомление с конструкторской и производственно-технологической документацией по сварке</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования</p> <p>Зачистка ручным или механизированным инструментом элементов конструкции (изделия, узлы, детали) под сварку</p> <p>Выбор пространственного положения сварного шва для сварки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей)</p> <p>Сборка элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку с применением сборочных приспособлений</p> <p>Сборка элементов конструкции (изделия, узлы, детали) под сварку на прихватках</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленных и собранных с применением сборочных приспособлений элементов конструкции (изделия, узлы, детали) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленных и собранных на прихватках элементов конструкции (изделия, узлы, детали) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке</p> <p>Зачистка ручным или механизированным инструментом сварных швов после сварки</p> <p>Удаление ручным или механизированным инструментом поверхностных дефектов (поры, шлаковые включения, подрезы, брызги металла, наплывы и др)</p>	<p>Изучает производственное задание, конструкторскую и производственно-технологическую документацию.</p> <p>Готовит рабочее место и средства индивидуальной защиты.</p> <p>Проверяет работоспособность и исправность сварочного оборудования для сварки в среде защитных газов.</p>

Продолжение таблицы 3.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Необходимые умения:</i>	Выбирать пространственное положение сварного шва для сварки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей)	Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

	<p>Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку</p> <p>Использовать ручной и механизированный инструмент для подготовки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку, зачистки сварных швов и удаления поверхностных дефектов после сварки</p> <p>Использовать измерительный инструмент для контроля собранных элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке. Пользоваться конструкторской, производственно-технологической и нормативной документацией для выполнения данной трудовой функции</p>	<p>полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку.</p> <p>Применять сборочные приспособления для сборки и сварки в среде защитных газов</p>
<p>Необходимые знания</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы, размеры сварных соединений и обозначение их на чертежах</p> <p>Правила подготовки кромок изделий под сварку</p> <p>Основные группы и марки свариваемых материалов</p> <p>Сварочные (наплавочные) материалы Устройство сварочного и вспомогательного оборудования, назначение и условия работы контрольно-измерительных приборов, правила их эксплуатации и область применения</p> <p>Правила сборки элементов конструкции под сварку</p> <p>Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки</p> <p>Способы устранения дефектов сварных швов</p> <p>Правила технической эксплуатации электроустановок</p> <p>Нормы и правила пожарной безопасности при проведении сварочных работ</p> <p>Правила по охране труда, в том числе на рабочем месте</p>	<p>Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений, выполняемых 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>Сварочные автоматы для сварки в среде защитных газов</p>

Окончание таблицы 3.1

1	2	3
<i>Другие характеристики:</i>	Выполнение работ под руководством работника более высокого квалифи-	Область распространения <span style="float: right;">В</span>

																	Лист
<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>																	60
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата													



– Виды и назначение сборочных, технологических приспособлений и оснастки, используемых для сборки конструкции под полностью механизированную и автоматическую сварку давлением. Основные группы и марки материалов, свариваемых полностью механизированной и автоматической сваркой давлением.

– Сварочные материалы для полностью механизированной и автоматической сварки давлением

– Требования к подготовке конструкции под сварку

– Технология полностью механизированной и автоматической сварки давлением

– Требования к качеству сварных соединений; виды и методы контроля. Виды дефектов сварных соединений, 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. Требования охраны труда, в том числе на рабочем месте.

– Владеть техникой полностью механизированной и автоматической сварки.

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

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

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

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

Исходя из сравнительного анализа 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. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 3.2 - Учебный план переподготовки рабочих

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	62
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехника	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	52
2	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	122
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	36
2.2	Работа на предприятии	86
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	194

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

### 3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

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

Таблица 3.3 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Введение	2
2	Оборудование для автоматической сварки в среде газов	16
3	Сварочные материалы	6
4	Сварные конструкции	5
5	Технология автоматической сварки в среде газов	18
6	Механизация и автоматизация сварочного производства	5
	Итого:	52

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

### 3.4 Разработка плана - конспекта урока

В рамках теоретического обучения по предмету «Спецтехнология» нами разработана методика проведения урока.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

Тема урока «Устройства и принцип работы сварочного робота FanucArcMate 100iC/8L»

Цели занятия:

*Обучающая:* Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота FanucArcMate 100iC/8L, их назначении и принципе работы.

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

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

Тип урока: урок новых знаний.

Методы обучения: словесный, наглядный, объяснительно иллюстративные методы.

Дидактическое обеспечение занятия:

– плакаты «Конструкция сварочного автомата FanucArcMate 100iC/8L»

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;
3. Сообщение темы и цели занятия;
4. Актуализация опорных знаний;
5. Изложение нового материала;
6. Первичное закрепление изученного материала.

**План-конспект**

Таблица 3.4 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5мин.	Здравствуйте, садитесь, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки» Тема занятия: «Устройства и принцип работы»	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
нового материала 5 мин	сварочного робота FanucArcMate 100iC/8L» Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве и основных узлах сварочного робота FanucArcMate 100iC/8L, их назначении и принципе работы»	темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 мин.	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 35минут	Хорошо! Повторили предыдущую тему, а теперь приступим к изучению нового материала по следующему плану: Основные узлы и механизмы сварочных автоматов; Сварочными роботами принято называть полностью автоматизированные системы для выполнения сварочных работ с возможностью программирования. Основные задачи, которые преследует роботизация — это вывод человека из сварочной зоны, полная автоматизация производства, а значит и повышение производительности в несколько раз. В настоящее время широко применяется автоматическая сварка. Это объясняется большой производительностью, качеством шва и экономически целесообразным решением. Автоматическая сварка широко применяется на конвейерных линиях в машиностроении при сварке корпусов всех видов транспортных средств и строительного-монтажных конструкций при их предварительной сборке и сварке и т. д.  Давайте рассмотрим основные узлы робота FanucArcMate 100iC/8L	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
	<div data-bbox="443 203 976 584" data-label="Image"> <p>The diagram shows a yellow robotic arm with a gripper at the end. Labels with leader lines point to the 'Манипулятор' (manipulator), 'Захват' (gripper), 'Поворотный узел' (rotational joint), and 'Основание' (base).</p> </div> <p data-bbox="427 618 1018 2004"> <b>Сварочный робот</b> состоит из механической части (собственно робота) и системы управления. Механическая часть робота имеет подвижную руку и шарнирную кисть, в захвате которой закрепляется рабочий инструмент. Сварочный робот, дополнительно комплектуется необходимым сварочным оборудованием. Например, сварочный робот для дуговой сварки в защитном газе имеет сварочную горелку, механизм подачи проволоки, кассету, газовую аппаратуру, источник питания сварочного тока. В этом случае в качестве рабочего инструмента робота используется сварочная горелка (при дуговой сварке) или сварочные клещи (при контактной точечной сварке). Механизм функционирует по определённой программе, и может быть перепрограммирован. Важный классификационный признак сварочных роботов – это число степеней свободы, то есть подвижность их руки. С увеличением количества степеней свободы сварочного манипулятора, усложняются производственные задачи, которые сможет выполнить этот механизм. Важно, что прообраз такого устройства – это человеческая рука, обладающая 37 подвижностями. Однако это большое число, которое большинству сварочных роботов просто не требуется, так как выполняемые им операции не многочисленны. Наличие трёх – восьми степеней свободы считается достаточным. Устройства для выполнения сварочных работ могут быть стандартного типа или могут производиться под конкретный заказ, исходя из технических требований заказчика.                 </p>	<p data-bbox="1038 174 1449 315">Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.</p>

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.550 ПЗ

Лист

67

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
Выдача домашнего задания. 5 минут	Теперь запишем домашнее задание: повторить из каких узлов состоит сварочный робот и сколько степеней свободы имеет.	Разбираем домашние задание, что нужно повторить к следующей теме.

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

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

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

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта мной был проанализирован базовый вариант изготовления планки автосцепки вагона, выявлены его минусы. Были рассмотрены другие способы сварки и выбран один, по которому и разрабатывался в дальнейшем дипломный проект. Сделаны расчеты режимов сварки.

Рассчитана экономическая эффективность проектируемого способа, которая доказала, что проектируемый способ является экономически выгодным для производства.

В дипломном проекте произведен расчет экономической эффективности от внедрения проектируемых технологических решений, и разработана программа переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» уровень квалификации 3.

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69



13 Алексеенко, Н.А. Экономика промышленного предприятия: учеб. пособие / Н.А. Алексеенко, И.Н. Гуров. 2-е изд., доп. и перераб. - Минск: Изд-во Гревцова, 2011.- 264 с.

14 Волков, О.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / О.И. Волков, В.К. Складенко. 2-е изд. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 264 с.

15 Журухин, Г.И. Прикладная экономика: учебник / Г.И.Журухин [и др.]; Под ред. Г.И.Журухина, Т.К.Руткаускас. - Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2015. - 364 с.

16 Руткаускас, Т.К. Экономика предприятия: учеб. пособие / Т.К. Руткаускас, Г.И. Журухин. - Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.пед. ун-т», 2015. - 316 с.

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

18 Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т. 1 Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев [и др.]; под общ.ред. Н. Н. Потапова. - М.: Машиностроение, 1989. – 544 с.

19 ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная. Технические условия / переиздание с поправками и изм. 1 от 18.05.2011 - Москва. ред. 2011. – 19с.

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

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

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

					<i>ДП 44.03.04.550 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71