

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра металлургии, сварочного производства и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой МСП  
\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
СВАРКИ КОЛЕСНЫХ ДИСКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И  
АВТОБУСОВ**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)  
профиля Машиностроение и материалобработка  
профилизации Технологии и технологический менеджмент  
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР: 126

Исполнитель:  
студент группы СМ-402

А.И. Хуснутдинов

Руководитель:  
ст. преподаватель

Д.Х. Билалов

Екатеринбург 2016

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 91 листов машинописного текста, 24 таблиц, 11 рисунков, 15 использованных источников.

Ключевые слова: АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА, ЗАЩИТНАЯ ГАЗОВАЯ СМЕСЬ, К-18, СТАЛЬ 20, ПРОВОЛОКА СВ-08ГС, ВРАЩАТЕЛЬ, МЕТОДИКА, ПЛАН-КОНСПЕКТ, ДИСК.

В дипломном проекте разработан технологический процесс сборки и автоматической сварки в среде защитных газов колесного диска. Разработано приспособление для сборки изделия, выполнен расчет параметров режима сварки.

В работе приведено технико-экономическое обоснование предлагаемой технологии.

Разработана программа повышения квалификации по профессии «Электросварщик автоматических и полуавтоматических машинах».

					ДП44.03.04.126ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хуснутинов			Разработка технологии и подбор оборудования для сварки колесных дисков грузовых автомобилей и автобусов	Литер	Лист	Листов
Провер.		Билалов					2	
Н. Контр.		Плаксына				ФГАОУ ВПО РГППУ гр. СМ-402		
Утверд.		Гузанов.						

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Технологический раздел	6
1.1 Описание конструкции	6
1.2 Определение свариваемости стали	11
1.3 Описание базовой технологии сборки и сварки	14
1.4 Выбор способа сварки	15
1.5 Описание сварочных материалов	20
1.6 Расчет режимов сварки	25
1.7 Оборудование для сборки и сварки	33
1.8 Контроль качества сварных соединений	41
1.9 Технология сборки и сварки	42
2 Экономический раздел	48
2.1 Определение капиталовложений	48
2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций	56
2.3 Расчет показателей экономической эффективности	72
3 Методическая часть	78
3.1 Анализ квалификационных характеристик	79
3.2 Разработка учебного плана повышения квалификации	81
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	82
3.4 Разработка плана - конспекта урока	83
Заключение	89
Список использованных источников	90
Приложение А – Задание на ВКР	
Приложение Б - Спецификации	

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники выдвигает особые требования к конструкционным материалам, в этой связи в настоящее время становятся востребованными материалы, обладающие высокой прочностью в широком диапазоне температур, пластичные, а также обладающие специальными механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами.

При производстве Диска колеса сварочное производство играет важную роль, так как изготавливается конструкция с помощью сварки. В данном случае использование сварки является наиболее целесообразным способом, т.к. технологический процесс изготовления цельнолитого и механически обработанного колесного диска технически более сложен и с экономической точки зрения обходится дороже.

Производство диска осуществляется с помощью полуавтоматической сварки в защитном газе, обладающего не высокой производительностью и тяжелыми условиями труда сварщиков. Актуальным становится внедрение и замена этих способов на автоматическую сварку, что повлечет улучшение санитарно-гигиенических условий труда рабочих, снижение трудоемкости процесса изготовления, повышение производительности труда, уменьшение экологической опасности производства.

*Объектом разработки* является технология изготовления металлоконструкций.

*Предметом разработки* является процесс сборки и сварки диска колеса.

*Целью дипломного проекта* является разработка технологического процесса изготовления диска колеса с использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

проанализировать базовый вариант изготовления диска колеса;

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	Лист
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		4

подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;

провести необходимые расчеты режимов сварки;

выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;

разработать технологию сборки-сварки диска колеса;

провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;

разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

Таким образом, в дипломном проекте в технологической части на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологического процесса изготовления диска колеса, включающий автоматическую сварку в среде защитных газов; в экономической части - приведено технико-экономическое обоснование данной разработки; методическая часть – посвящена разработке учебно-программной документации для повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах 5-го разряда, с участием которых возможна реализация спроектированной в дипломном проекте технологии в условиях промышленного предприятия.

					<i>ДП44.03.04.126ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		5

# 1 Технологический раздел

## 1.1 Описание конструкции

Изделие «Диск автобусного колеса» относится к продукции широко применяемой в автомобилестроении: в коммерческих автомобилях, колесных тракторах и других колесных машинах специального назначения.

Конструктивной особенностью изделий этого типа является то, что они имеют форму тел вращения, у которых высота изделия не превышает половины наибольшего наружного диаметра. Изделия, как правило, имеют центральное цилиндрическое, коническое, резьбовое или шлицевое отверстие. Конструкция ряда деталей колеса предусматривает наличие отверстий для крепления, которые расположены по окружности, концентричной центральному отверстию.

К большинству изделий типа дисков предъявляются высокие технические требования по точности, прочности, жесткости, износостойкости, коррозионной стойкости и другим свойствам, определяемым их назначением.

При производстве изделия «Диск колеса низкого давления» сварочное производство играет важную роль, так как изготавливается конструкция с помощью сварки. В данном случае использование сварки является наиболее целесообразным способом, т.к. технологический процесс изготовления цельнолитого и механически обработанного колесного диска технически более сложен и с экономической точки зрения обходится дороже.

Конструкция изделия «Диск» состоит из следующих деталей, как показано на рисунке 1:

1. Обод
2. Диск

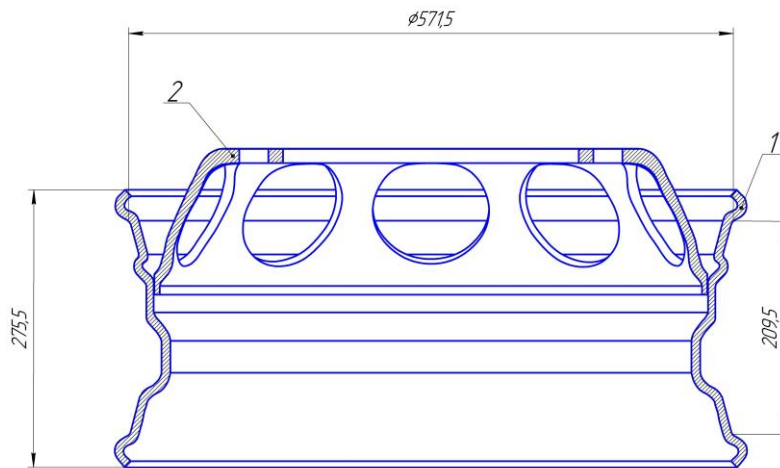


Рисунок 1 – Диск автобусного колеса

Холодно-штампованный диск 2 впрессовывается в обод 1. В данном решении штамповка деталей холодным способом объясняется материалами из которых изготавливается изделие, а так же качеством получаемого изделия. Штампованные диски способны выдерживать большие нагрузки и полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к колесу. После сборки элементы изделия прихватываются между собой и выполняется сварка диска с ободом. Расположение сварных швов в пространстве в процессе сварки – «в лодочку». Тип сварного соединения - нахлесточное.

В качестве заготовки в проекте используется нарубленный листовой прокат. Изделия вырубаются на гильотинных ножницах ETG 1510 фирмы MetallMaster (Россия) или вырезают при помощи лазерной головки на лазерном станке TruLaser.

Гибку (вальцовку) металлических заготовок в холодном состоянии с целью получения цилиндрических и конических обечаек производят на листогибочных трехвалковых вальцах.

Изделие «Диск колеса автобуса» изготавливается из двух марок стали. В данном изделии используется 2 вида стали. Внутреннюю часть колеса или «диск» изготавливают из стали 08ЮА. Выбор данной стали объясняется ее высокой пластичностью, что способствует высокому качеству штампованных изделий. Обод колеса изготавливают из стали 20.

## Сталь 20

Эта сталь относится к группе конструкционных углеродистых качественных сталей и предназначена для изготовления различных сварных строительных конструкций, работающих при температурах от -40 до 450°C.[4, стр. 129], [9]

Химический состав и механические свойства стали 20 регламентируется по ГОСТ 1050-88.

Материал-заменитель: сталь 15, 25[9]

Свариваемость: без ограничений. [9]

Таблица 1.1 –Химический состав материала сталь 20, в %[9]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,17-0,24	0,17 – 0,37	0,35 – 0,65	до 0,35	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 –Механические свойства стали 20 в состоянии поставки [9]

Сортамент	Толщина, мм	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
Прокат ГОСТ 1050-88	до 80	410	245	25

Обозначения:

$\sigma_B$  – Предел кратковременной прочности, [МПа];

$\sigma_T$  –Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа];

$\delta_5$  – Относительное удлинение при разрыве, [%];

Температура критических точек стали 20:  $A_{c1} = 724^\circ\text{C}$ ,  $A_{c3}(A_{cm}) = 845^\circ\text{C}$ .

Легирующие элементы, вводимые в сталь, вступая во взаимодействие с железом и углеродом, изменяют ее свойства.

Часть марганца и кремний вводятся в процессе выплавки стали для раскисления и являются технологическими примесями. Окончательно марганец вводят в сталь как легирующий элемент, увеличивая его



содержание приблизительно до 0,5% для данной стали. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности стали. Кремний является не карбидообразующим элементом, и его количество в стали ограничивают до 0,2%. Он значительно повышает предел текучести и прочность стали и при содержании более 1% снижает вязкость, пластичность и повышает порог хладноломкости. Кремний структурно не обнаруживается, так как полностью растворим в феррите, кроме той части кремния, которая в виде окиси кремния не успела всплыть в шлак и осталась в металле в виде силикатных включений.

Углеродистые качественные стали относятся к хорошо сваривающимся практически всеми видами сварки сталям. Основные требования при их сварке - обеспечение равнопрочности сварного соединения основному металлу, отсутствие дефектов, требуемая форма сварного шва, производительность и экономичность. При сварке плавлением эти требования обеспечиваются выбором и применением типовых сварочных материалов, режимов и технологии выполнения сварки.

При сварке углеродистых сталей в зоне термического влияния могут существенно изменяться структура и механические свойства. При перегреве некоторых сталей их зерна растут, а в других при быстром охлаждении образуются закалочные структуры, в результате чего металл в зоне термического влияния становится более твердым и менее пластичным, стойкость против хрупкого разрушения ухудшается.

С целью повышения прочностных характеристик в сталь вводят легирующие элементы, которые, образуя твердые растворы и химические соединения, повышают ее свойства. Это позволяет снизить массу изготавливаемых конструкций. Сейчас все шире применяют углеродистые стали с содержанием легирующих элементов до 2,5%. Основными легирующими элементами являются марганец, кремний, хром и никель. Для повышения коррозионной стойкости стали вводят медь (0,3-0,4%). Такие стали обладают хорошей свариваемостью.

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>9</b>

Степень изменения твердости металла при сварке зависит от химического состава и скорости охлаждения, а последняя, в свою очередь, от погонной энергии сварки и толщины свариваемых деталей.

Снижение твердости металла шва и зоны термического влияния можно обеспечить замедлением охлаждения металла за счет увеличения погонной энергии сварки, а также предварительным и сопутствующим подогревом.

### Сталь 08ЮА

Эта сталь относится к группе конструкционных углеродистых качественных сталей и предназначена для изготовления листового проката толщиной от 4 до 14 мм, предназначенного для холодной штамповки.[4, стр. 129], [9]

Таблица 1.3 –Химический состав материала сталь 08ЮА, в %[9]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Al
до 0,1	до 0,03	0,2-0,4	до 0,15	до 0,025	до 0,02	до 0,1	до 0,2	0.02 0,08

Данная сталь используется для изготовления большого круга деталей получаемых методом холодной штамповки. Основное применение данного вида материала – изготовление кузовных деталей автомобилей. Сталь легируют алюминием для придания ей большей пластичности и уменьшения остаточных напряжений.

## 1.2 Определение свариваемости стали

Под свариваемостью обычно понимают возможность получения качественного сварного соединения, надежного в эксплуатации и экономичного в исполнении в зависимости от сложности технологии его получения.

Совокупность свойств основного металла, определяющих чувствительность к термическому циклу сварки и способность при данной технологии сварки образовывать сварное соединение со свойствами, удовлетворяющими требованиям надежности конструкции при эксплуатации, называют технологической *свариваемостью*.

Наряду со свойствами основного металла технологическая свариваемость зависит также от состава наплавляемого (присадочного, электродного) металла, применяемого способа и режимов сварки, используемых материалов, конструкции сварного узла и условий эксплуатации изделия.

Под хорошей свариваемостью стали понимают возможность получения сварных соединений, равнопрочных с основным металлом, без трещин и снижения пластичности как в металле шва, так и в околошовной зоне при обычной технологии сварки, без применения специальных приемов (например, предварительный подогрев). При этом все зоны сварного соединения должны обладать стойкостью против перехода в хрупкое состояние при рабочих температурах, а также обладали высокой коррозионной стойкостью наравне с основным металлом.

Лишь при обеспечении всех перечисленных требований, предъявляемых к сварному соединению при сварке по обычной технологии, данная сталь будет обладать хорошей свариваемостью.

При оценке свариваемости должна учитываться тесная взаимосвязь материалов, конструкции и технологии сварки.

Так как свариваемость оценивается по совокупности ряда свойств, то любая методика испытания не может однозначно характеризовать комплексное понятие свариваемости. Поэтому для оценки свариваемости применяют ряд испытаний, каждое из которых выявляет ту или иную сторону явления. Выбор методов испытания должен производиться в зависимости от назначения конструкции, свойств металла и других факторов, о которых говорилось выше.

Все испытания по определению свариваемости можно свести к следующим видам:

1. Определение стойкости против образования горячих трещин;
2. Определение стойкости металла околошовной зоны против образования холодных трещин;
3. Оценка стойкости основного металла, металла околошовной зоны и шва, а также всего сварного соединения против перехода в хрупкое состояние;
4. Проверка эксплуатационных характеристик металла шва, околошовной зоны и сварного соединения в целом.

Для каждой группы испытаний разработан ряд методов, причем выбор тех или иных из них обуславливается свойствами материала, применяемым методом сварки, назначением конструкции, условиями работы сварного соединения и т.д.

К косвенным методам определения свариваемости относится определение углеродного эквивалента.

В случае необходимости подогрева металла перед сваркой температура его может быть оценена по методике [1], учитывающей химический состав свариваемой стали и ее толщину. Степень необходимого предварительного подогрева зависит от состава свариваемой стали, в частности от степени ее закалывания, т.е. от эквивалентного углерода  $|C|_э$ .

$$T_{\text{под}} = 350 \sqrt{|C|_{\text{э}} - 0,25}, \quad (1.1)$$

где  $|C|_{\text{э}}$  – полный эквивалент углерода.

Влияние химического состава основного металла углеродистых и низколегированных сталей на сопротивляемость образованию околошовных трещин выражается эквивалентом углерода.

Кроме химического состава на свариваемость влияет и толщина свариваемых кромок. С учётом этого фактора эквивалент углерода для сталей можно определить из выражения:

Полный эквивалент углерода  $|C|_{\text{э}}$  определяем по формуле:

$$|C_{\text{э}}| = |C|_{\text{х}} (1 + 0,005\delta), \quad (1.2)$$

где  $|C|_{\text{х}}$  – химический эквивалент углерода.

$\delta = 8$  – толщина металла, мм.

$$360|C|_{\text{х}} = 360|C| + 40|Mn| + 40|Cr| + 20|Ni| + 28|Mo| \quad (1.3)$$

В формуле 3 символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле в процентах. Подставляя значения, получим:

Для стали 20

$$360|C|_{\text{х}} = 360 \cdot 0,24 + 40 \cdot 0,65 + 40 \cdot 0,25 + 20 \cdot 0,35 = 129,4$$

$$|C|_{\text{х}} = 129,4 / 360 = 0,35\%$$

Для стали 08ЮА

$$360|C|_{\text{х}} = 360 \cdot 0,1 + 40 \cdot 0,4 + 40 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,15 = 59$$

$$|C|_{\text{х}} = 59 / 360 = 0,16\%$$

Стали с эквивалентом углерода более 0,45 % склонны к образованию трещин при сварке. Для таких сталей рекомендуется применять предварительный подогрев. В нашем случае предварительный подогрев стали перед сваркой не нужен.

### **1.3 Описание базовой технологии сборки и сварки**

Заготовительные операции, резка прямолинейных заготовок выполнялись на гильотинных ножницах. Сборка конструкции производилась вручную на сборочной плите с применением универсальных сборочных приспособлений: упоров, прижимов, фиксаторов и т.п. В базовой технологии прихватка и сварка выполнялись полуавтоматом ПДГО-312 с источником питания ВДГ-303.

К недостаткам технологии прежде всего необходимо отнести низкую производительность, что в условиях расширения объема выпуска стало неприемлемым ограничением. Кроме низкой производительности к недостаткам базового технологического процесса следует отнести:

- качество сварных швов во многом зависит от квалификации сварщика и его физического состояния;
- при механической сварке оператор не может обеспечить скорость сварки выше 10мм/спри соблюдении требуемого качества сварных швов;
- низкое качество сборки при условии применения универсальных приспособлений;
- тяжелые условия работы сварщика.

Вывод: для увеличения производительности процесса, уменьшение количества брака, облегчение условий труда сварщика, необходимо изменить технологию сборки и сварки за счет использования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации процессов.

## 1.4 Выбор способа сварки

Способы и приёмы сварки необходимо выбирать прежде всего, исходя из условия обеспечения требуемых показателей: работоспособности, надёжности и точности, с учётом программы выпуска и экономической эффективности того или иного способа сварки.

Вместе с тем, какой бы не выбирался способ сварки, методы и система его отбора должны базироваться на единых показателях их оценки. Критериями оценки сравниваемых способов сварки могут быть технические и экономические показатели, получаемые при сварке конкретных соединений.

При анализе учитываем производительность процесса, конструктивные особенности сварных швов изделия с точки зрения их доступности, качество получаемого сварного соединения, стоимость оборудования и сварочных материалов.

Рассмотрим технологические особенности различных способов сварки применительно к нашей конструкции:

### *а) Ручная дуговая сварка покрытыми электродами*

В производстве ручная дуговая сварка покрытыми электродами используется часто. Это обусловлено ее очевидными преимуществами: достаточно высокими свойствами сварных соединений, возможностью применения в труднодоступных местах, простотой надёжностью оборудования, широким выбором типов сварочных электродов и, следовательно, большим диапазоном технологических возможностей. Как, например сварка внутри бачка, когда стенки мешают и закрывают обзор шва. Но в нашем случае таких скрытых швов нет.

Для особо ответственных сварных конструкций применяют электроды с основным покрытием или смешанного типа Э50А, например марок УОНИ - 13/55 и СМ - 11, обеспечивающие повышенную стойкость металла шва

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>15</b>

против кристаллизационных трещин и более высокие пластические свойства. Недостатком электродов УОНИ - 13/55 является пониженная стойкость против образования в металле шва пор при наличии ржавчины на кромках или увлажнении покрытия.

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

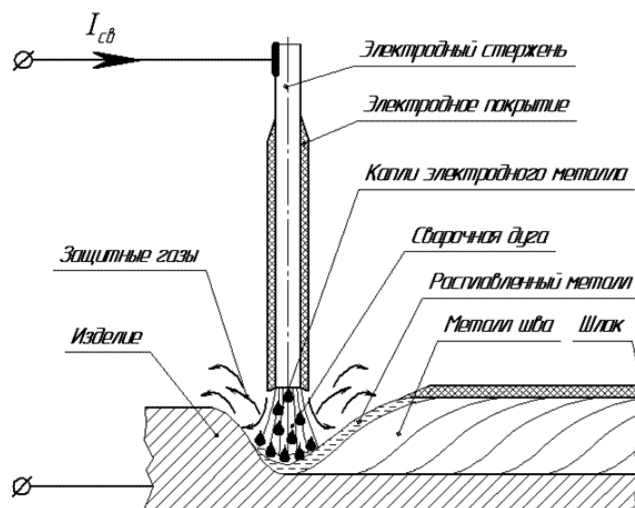


Рисунок 2 – Схема ручной дуговой сварки покрытыми электродами

#### б) Сварка под флюсом

Получение равнопрочных сварных соединений при сварке под флюсом низколегированной конструкционной стали, достигается в основном за счет применения высококремнистых марганцев флюсов марки АН348А по ГОСТ 9087 и низкоуглеродистой сварочной проволоки марки Св-08А, Св-08 по ГОСТ 2246-70. При этом достигается высокая стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин и пор. В процессе полуавтоматической и автоматической сварки под флюсом дуга горит между проволокой и основным металлом. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла со всех сторон плотно закрыты слоем флюса толщиной 30 — 35 мм. Часть флюса расплавляется, в результате чего вокруг дуги образуется газовая полость, а на поверхности расплавленного металла — ванна жидкого шлака.



К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания расплавленного флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали не более чем на  $10 - 15^\circ$ . Сварку под флюсом целесообразно применять при больших длинах швов, толщинах. Трудно контролировать процесс горения дуги и формирования шва: все закрыто флюсом. При сложной конфигурации сварных швов возможно применение только автоматической сварки. Этот способ можно принять к рассмотрению при выборе способа сварки заданной конструкции.

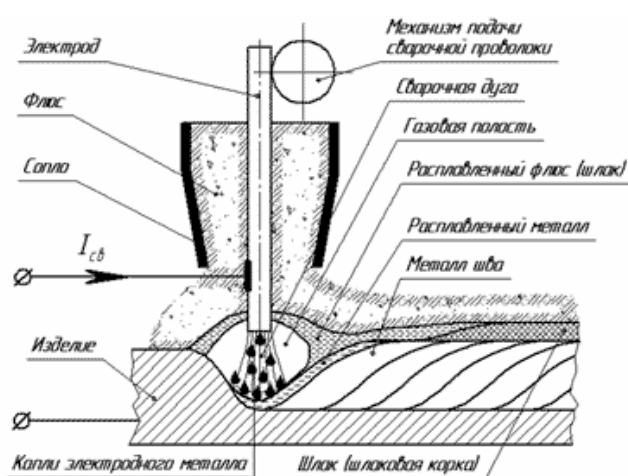


Рисунок3 – Схема сварки подфлюсом

#### в) Сварка в защитных газах

Дуговая сварка в защитных газах — общее название многочисленных разновидностей этого способа, основная особенность которых состоит в том, что в процессе сварки вокруг факела дуги создается газовая среда, отличающаяся по составу от воздуха. Это среда защищает расплавленный металл от вредного влияния воздуха.

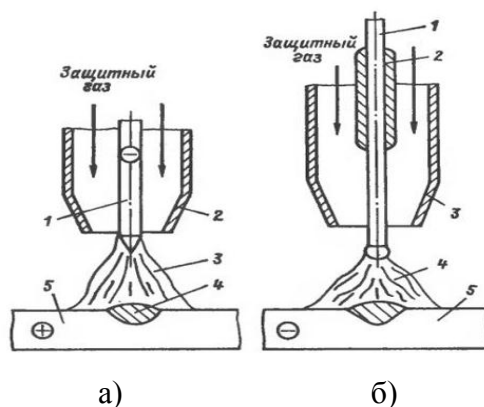
При сварке низколегированных сталей для защиты расплавленного металла и металла сварочной ванны широко используют углекислый газ. В последние годы в качестве защитных газов находят применение смеси углекислого газа с кислородом (до 30 %) и аргоном (до 50 %).

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

При применении углекислого газа и сварочной проволоки соответствующего состава поры в швах не образуются.

Опыт применения газовых смесей показывает, что смеси по ряду параметров значительно повышают качество сварного соединения по сравнению с чистыми газами. Кроме того, использование сварочных смесей позволяет снизить себестоимость сварочных работ.

Сварка в защитных газах дает возможность визуального наблюдения за процессом формирования шва и его регулирования; ведения процесса во всех пространственных положениях; сваривать металл в широком диапазоне толщин — от десятых долей миллиметров до десятков миллиметров.



а – схема сварки неплавящимся электродом (1 – электрод вольфрамовый; 2 – сопло; 3 – дуга; 4 – металл шва; 5 – изделие); б – схема сварки плавящимся электродом (1 – электрод; 2 – цанга; 3 – сопло; 4 – дуга; 5 – изделие)

Рисунок 4 – Схема сварки в защитных газах

### г) Газовая сварка

Основным преимуществом газовой сварки является ее независимость от электрических источников питания, а также ее компактность. Это делает удобным ее применение в строительных и монтажных условиях, где не всегда имеется силовая электрическая сеть.

Газовая сварка низколегированных сталей характеризуется повышенным разогревом свариваемых кромок, пониженной коррозионной стойкостью и усиленным выгоранием легирующих примесей. Это приводит

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

18

к ухудшению качества сварных соединений по сравнению с другими способами сварки.

Недостатками газовой сварки являются ее низкая производительность, большая зона термического влияния, высокие требования к квалификации сварщика, повышенная пожаро- и взрывоопасность, повышенная загазованность рабочих мест. При сварке тонких металлов происходят значительные коробления, перегрев и пережог металла. В связи с этим на машиностроительных предприятиях при стабильной программе выпуска продукции газовая сварка не может конкурировать с дуговой и практически не применяется.

Схема газовой сварки приведена на рисунке 5.

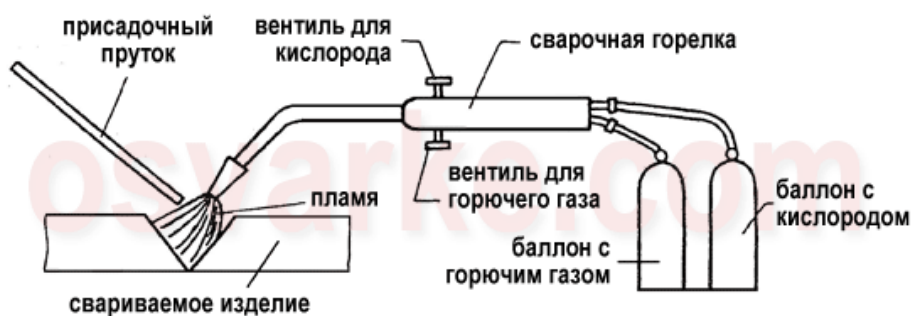


Рисунок 5 – Схема газовой сварки

Проанализировав все существующие способы сварки, учтя требования, предъявляемые к продукции, следует принять, что наиболее эффективным способом сварки данной конструкции, является сварка плавящимся электродом в среде защитных газовых смесей.

Преимуществами этого способа являются:

1) простота автоматизации процесса - обеспечивается возможность постоянного визуального контроля за процессом формирования сварного шва и нет необходимости предусматривать удаление шлаковой корки;

2) обеспечение высокой производительности за счет глубокого проплавления основного металла и малой доли сварочной проволоки в металле шва;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

3) меньшее количество неметаллических включений в наплавленном металле и меньшее содержание серы и фосфора по сравнению с автоматической сваркой под флюсом;

4) меньшая чувствительность к ржавчине на свариваемых кромках металла, чем при сварке под флюсом;

5) стоимость защитного газа, расходуемого на 1 кг наплавленного металла, меньше стоимости флюса;

6) возможность выполнения сварочных швов при любом их пространственном положении.

Основным преимуществом этого способа является стабильность состава и свойств металла по всей длине шва. Это обеспечивается возможностью получения шва любой длины без кратеров, образующихся при смене электродов при ручной дуговой сварке, равномерностью плавления электродной проволоки и основного металла по длине шва и более надежной защитой зоны сварки от окисления легирующих компонентов кислородом воздуха. Хорошее формирование поверхности швов с мелкой чешуйчатостью и плавным переходом к основному металлу, отсутствие брызг на поверхности изделия заметно повышают коррозионную стойкость сварных соединений. Уменьшение потерь на угар, разбрызгивание и огарки электродов на 10-20% снижает расход дорогостоящей сварочной проволоки.

### **1.5 Описание сварочных материалов**

Требования к сварочным материалам определяются химическим составом свариваемого материала, видом и способом сварки, технологическими приемами выполнения рассматриваемого соединения, особенностями эксплуатации конструкции.

К сварочным материалам относят сварочную проволоку, присадочные прутки, порошковую проволоку, плавящиеся покрытые электроды, неплавящиеся электроды, различные флюсы, защитные (активные

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>20</b>

инертные) газы. Они должны обеспечить требуемые геометрические размеры свойства сварного шва; хорошие технологические условия ведения процесса сварки; высокую производительность и экономичность процесса; необходимые санитарно-гигиенические условия труда при сварке.

Для сварки плавящимся электродом в защитных газовых смесях необходимо выбрать сварочную проволоку и смесь газов.

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.

От выбора защитной газовой смеси зависит стоимость выполнения работ и качество сварки. Так, смеси, содержащие в своем составе гелий, повышают температуру сварочной дуги, что улучшает проплавление сварного шва, увеличивая производительность сварки в целом, но чрезвычайно удорожают процесс.

*Защитные газовые смеси для сварки плавящимся электродом*  
Газовая смесь НП - 2 (Helishied H7). Это смесь 55 % гелия, 43 % аргона, 2 % двуокиси углерода. Обеспечивает минимальное разбрызгивание, низкий уровень остаточных напряжений после сварки и обеспечивает высокую скорость сварки. Смесь хорошо подходит для автоматической сварки цветных и активных металлов, высоколегированных сталей и сплавов с применением роботов.

Сварка в смеси аргона с 20% двуокиси углерода и 5% кислорода обеспечивает лучшее формирование шва и меньшее разбрызгивание, чем

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>21</b>

при сварке в углекислом газе, а по сравнению со сваркой в аргоне улучшается форма провара и уменьшается излучение дуги.

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей технически наиболее целесообразной является смесь газов – 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Она характеризуется высокой проплавающей способностью и одновременно позволяет получить сварные швы с хорошим коэффициентом формы шва. Данная смесь применима для электродуговой сварки легированных сталей.

При использовании смеси аргона и углекислого газа обеспечиваются меньшее разбрызгивание, чем при сварке в углекислом газе, качественное формирование шва, увеличение производительности, хорошие механические свойства сварного соединения, устойчивость горения дуги.

Аргон (Ar) — бесцветный, без запаха, негорючий, неядовитый газ, не вступающий в реакцию с другими элементами, тяжелее воздуха в 1,4 раза. В металле нерастворим как в жидком, так и в твердом состоянии. Состав аргона представлен в таблице 3.

Таблица 1.3 – Состав аргона по ГОСТ 10157-79

Газ	Сорт	Содержание основных компонентов, об %				Содержание водяных паров, % не более	Температура насыщения, К не более
		Ar Не менее	O <sub>2</sub> Не менее	N <sub>2</sub> не более	CO <sub>2</sub> не более		
Аргон	Высший	99,992	0,0007	0,006	0,0005	0,01	215
	Первый	99,987	0,002	0,01	0,001	0,03	223

Углекислый газ (CO<sub>2</sub>) — 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, приямок. Состав двуокиси углерода представлен в таблице 4.

Таблица 1.4 – Состав двуокиси углерода по ГОСТ 8050-85

Газ	Сорт	Содержание основных компонентов, об %				Содержание водяных паров, % не более	Температура насыщения, К не более
		Ar He менее	O <sub>2</sub> He менее	N <sub>2</sub> не более	CO <sub>2</sub> не более		
Углекислый газ	Высший Первый	-	-	-	99,8 99,5	0,037 0,184	225

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, CO<sub>2</sub> не должен содержать сероводород, кислоты, органические соединения (спирты, эфиры, альдегиды, органические кислоты), аммиак, этаноламины, ароматические углеводороды.

Химический состав и свойства металла шва при сварке определяются в первую очередь составом электродной проволоки, он должен быть близок по составу к химическому составу основного металла.

Механизированную и автоматическую сварку углеродистых сталей смеси аргона с углекислым газом выполняют с использованием электродной проволоки марок Св-08ГС, Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70. Химический состав проволоки представлен в таблице 5.

Таблица 1.5 – Химический состав стали, % [3]

Марка проволоки	С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
						Не более	
Св-08ГС	≤ 0,10	0,60-0,85	1,40-1,70	≤ 0,20	≤ 0,25	0,025	0,030
Св-08Г2С	≤ 0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	≤ 0,20	≤ 0,25	0,025	0,030

Основной особенностью сварки плавящимся электродом с применением в смеси углекислого газа является необходимость использования электродных проволок с несколько повышенным содержанием элементов-раскислителей кремния и марганца, компенсирующих их выгорание в зоне сварки, предотвращающих дополнительное окисление металла при сварке и образование пор. При сварке углекислый газ диссоциирует в зоне дуги с образованием атомарного кислорода, который окисляет железо и легирующие присадки, содержащиеся в стали. В результате этого металл сварочной ванны насыщается кислородом, а его свойства ухудшаются. При охлаждении расплавленного металла углерод, содержащийся в стали, окисляясь, будет способствовать образованию оксида углерода. Образующийся при кристаллизации металла шва СО выделяется в виде пузырьков, часть из которых не успевая выделиться, задерживается в металле шва, образуя поры. В том случае, если сварочная проволока легирована Si и Mn, окислы железа раскисляются не за счет углерода, а в основном за счет Si и Mn из сварочной проволоки, таким образом предотвращается образование окиси углерода при кристаллизации и образование пор. Окислы кремния и марганца в виде шлака скапливаются на поверхности сварочной ванны.

Поэтому, с целью улучшения качества шва, для сварки примем проволоку Св-08ГС.

Выбранная сварочная проволока повысит механические свойства шва и свариваемость изделия.

Механические свойства сварного соединения в целом являются свойствами комплексными, так как они зависят от соотношения механических свойств металла шва, металла зоны термического влияния и основного металла. Если исходить из свойств основного металла, то очевидно, что сварное соединение на конструкционных сталях можно считать доброкачественным, если оно обеспечивает величины предела



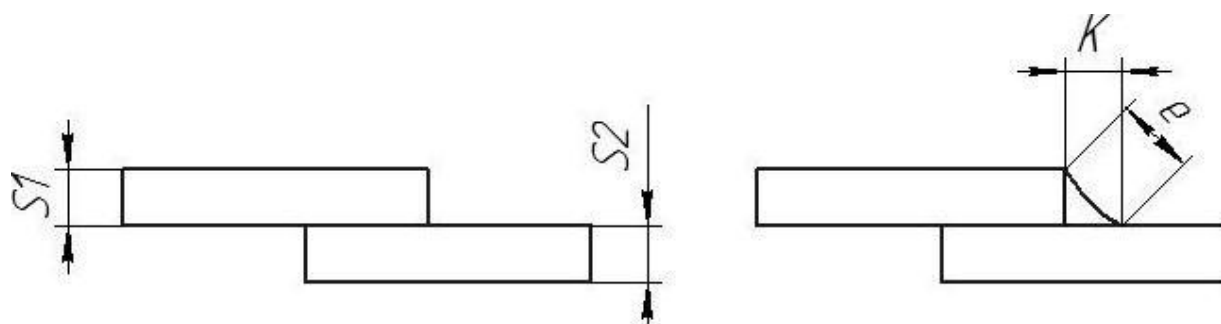
прочности и предела текучести не ниже, чем у основного металла, при достаточном запасе пластичности.

Механические свойства металла шва зависят от следующих факторов:

- 1) выбора сварочных материалов (электродов, проволоки, флюса);
- 2) химического состава основного металла;
- 3) режима сварки и технологии сварки;
- 4) размеров (особенно толщины) изделия и скорости охлаждения;
- 5) величины пластических деформаций в металле шва.

### 1.6 Расчет режимов сварки

Расчет параметров режима полуавтоматической сварки соединения Н1 по ГОСТ14771-79-Н1-ИП-Δ8



Исходные данные

$$S1=S2=8\text{мм}$$

$$K = 8\text{мм}$$

$$e=1,41 \cdot K = 1,41 \cdot 8 = 11,3\text{мм}$$

- 1) Находим площадь наплавленного металла по формуле

$$F_H = F_{\Delta} - F \quad (1.4)$$

$$F_{\Delta} = K^2 / 2 \quad (1.5)$$

$$F = 0,73 \cdot e \cdot q \quad (1.6)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

25

где:  $F_H$  - площадь наплавленного металла,  $\text{мм}^2$

$K$ -катет сварного шва,  $K=8\text{мм}$ ;

$q$ -вогнутость сварного шва,  $q=1\text{ мм}$ ;

$$F=0,73 \cdot 11,3 \cdot 1 = 8,42\text{мм}$$

$$F_{\Delta}=8^2/2=32$$

$$F_H=32-8,42=24\text{ мм}^2$$

2) Определяем диаметр электродной проволоки по формуле:

$$d_э = K_d \cdot F_H^{0,625}, \quad (1.7)$$

где  $K_d = 0,149 \dots 0,409$  – коэффициент, зависящий от положения шва и способа сварки. [8, стр. 19]

$$d_э = 0,149 \cdot 24^{0,625} = 1,09\text{ мм}$$

$$d_э = 0,409 \cdot 24^{0,625} = 2,98\text{ мм}$$

$$d_э = 1,1 \dots 3\text{мм}$$

Принимаем  $d_{э,п.} = 1,2\text{ мм}$

3) Рассчитаем сварочный ток по формуле:

$$I = \frac{j \cdot \pi \cdot d^2}{4} \quad (1.8)$$

Примем плотность тока для сварки в  $\text{CO}_2$   $j=130^{\text{А}}/\text{мм}^2$

$$I = \frac{130 \cdot 3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 147\text{А}$$

4) Определим вылет электродной проволоки по формуле (1.9), мм:

$$l_{\text{эп}} = 10 \cdot d_{\text{эп}} \pm 2 \cdot d_{\text{эп}} \quad (1.9)$$
$$l_{\text{эп}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2$$
$$l_{\text{эп}} = 12 \pm 2,4 \text{ мм}$$

5) Рассчитаем коэффициент расплавления:

$$\alpha_p = 1,21 \cdot I_{\text{св}}^{0,32} \cdot l_3^{0,38} \cdot d^{-0,64} \quad (1.10)$$
$$\alpha_p = 1,21 \cdot 147^{0,32} \cdot 12^{0,38} \cdot 1,2^{-0,64} = 13,6$$

6) Рассчитаем коэффициент потерь на угар:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2 \quad (1.11)$$
$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 130 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 130^2 = 6\%$$

7) Рассчитаем коэффициент наплавки по формуле (1.12)  $\alpha_n$ :

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left( \frac{100 - \psi_n}{100} \right) \quad (1.12)$$
$$\alpha_n = 12,9 \cdot 0,94 = 12,13 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$$

8) Рассчитаем скорость сварки по формуле (1.12)  $V_{\text{св}}$ , см/с:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \rho \cdot F_n} \quad (1.12)$$
$$V_{\text{св}} = \frac{12 \cdot 147}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} = 0,26 \text{ см/с} = 9,36 \text{ м/ч}$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		27

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

Принимаем расчетную скорость сварки равной 9,36 м/ч.

9) Расчёт напряжения на сварочной дуге по формуле (1.18)  $U_d$ , В:

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

$$U_d = 14 + 0,05 \cdot 147 = 21,35 \text{ В}$$

Принимаем:  $U_d=22 \text{ В}$ .

10) Скорость подачи электродной проволоки  $V_{эп}^{(+)}$  марки Св-08ГС

$$V_{эп}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эп}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \frac{I_{св}^2}{d_{эп}^3} \quad (1.14)$$

$$V_{эп}^{(+)} = 0,53 \cdot \frac{147}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{147^2}{1,2^3} = 62,8 \text{ мм/с} = 226 \text{ м/ч}$$

Полученные данные сводим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6-Результаты расчета режима полуавтоматической сварки

$F_H$	$d_{э}$	$V_{св}$	$V_{эп}$	$I_{св}$	$U_{св}$	$j$
24 мм <sup>2</sup>	1,2 мм	9,36м/ч	226 м/ч	147 А	22 В	130А/мм <sup>2</sup>

В целом, расчетные или найденные по литературным данным параметры режима не являются окончательными в силу влияния на результаты сварочного процесса большого количества неконтролируемых факторов. Окончательные значения параметров получают после оптимизации режима после сварки контрольных образцов, моделирующих сварные соединения изделия.

Расчет параметров режима автоматической сварки соединения Н1 по  
ГОСТ14771-79-Н1-ИП-Δ8

Исходные данные остаются неизменными.

1) Находим площадь наплавленного металла

$$F_H = 32 - 8,42 = 24 \text{ мм}^2 \quad (1.4)$$

2) Определяем диаметр электродной проволоки:

$$d_э = 1,1 \dots 3 \text{ мм} \quad (1.7)$$

Принимаем  $d_{э.п.} = 1,6 \text{ мм}$

3) Определяем исходную глубину проплавления  $h_p$ :

$$h_p = (0,7 \div 1,1) K \quad (1.15)$$

$$h_{pk} = 1 * 4 = 4 \text{ мм}$$

$$h_{pz} = 1 * 4 = 4 \text{ мм}$$

4) Рассчитываем сварочный ток:

$$I_{св} = \frac{j * \Pi * d_{эп}^2}{4} \quad (1.8)$$

Принимаем плотность тока  $j = 129 \text{ А/мм}^2$

$$I_{св} = \frac{129 * 3,14 * 2,56}{4} = 260 \text{ А}$$

5) Определим вылет электродной проволоки

$$l_{\text{эп}} = 16 \pm 3,2 \text{ мм} \quad (1.9)$$

6) Рассчитаем коэффициент расплавления по формуле:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * I_{\text{св}} * d^{(-1.505)} \quad (1.16)$$

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 260 * 1,6^{(-1.505)} = 15,8 \text{ Г}/(\text{А} * \text{ч})$$

7) Рассчитаем коэффициент наплавки по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_p (1 - \psi_n) \quad (1.17)$$

Для сварки в смеси газов К18 ( $\psi_n$ ) коэффициент потерь на угар и разбрызгивание, по данным «Уралтехгаз», принимаем 3,8%

$$\alpha_n = 15,8 * (1 - 0,038) = 15,2 \text{ Г}/(\text{А} * \text{ч})$$

8) Рассчитаем скорость сварки по формуле  $V_{\text{св}}$ , М/ч:

$$V_{\text{св}} = \frac{15,2 * 260}{3600 * 7,8 * 0,12} = 42,12 \quad (1.12)$$

9) Расчёт напряжения на сварочной дуге по формуле (1.18)  $U_d$ , В:

$$U_d = 14 + 0,05 * 260 = 27 \text{ В} \quad (1.13)$$

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>30</b>

10) Рассчитаем погонную энергию по формуле ... Дж/см:

$$q_n = \frac{I_{св} * U_{д} * \eta_{э}}{V_{св}} \quad (1.18)$$

$$q_n = \frac{260 * 27 * 0,7}{1,17} = 4200$$

где  $\eta_{э}$  - эффективный КПД нагрева изделия дугой,  $\eta_{э} = 0,70$

11) Найдем коэффициент формы проплавления по формуле:

$$\psi_{np} = K' (19 - 0,01 * I_{св}) \frac{d_{эн} * U_{д}}{I_{св}} \quad (1.19)$$

$$\psi_{np} = 0,92 * (19 - 0,01 * 260) \frac{1,6 * 27}{260} = 2,56$$

где  $K'$  коэффициент, при плотностях тока  $j \geq 120 A / мм^2$  и сварке на постоянном токе обратной полярности принимают равным  $K' = 0,92$ .

Проверим глубину проплавления  $h$ :

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \quad (1.20)$$

$$h = 0,0081 * \sqrt{\frac{4200}{2,56}} = 3,9 мм$$

12) Скорость подачи электродной проволоки  $V_{эн}^+$  марки СВ-08ГС при сварке на обратной полярности и вылете  $l_{эн} = 16 мм$  находится по формуле:

$$V_{эн}^{(+)} = 0,53 * \frac{I_{св}}{d_{эн}^2} + 6,94 * 10^{-4} \frac{I_{св}^2}{d_{эн}^3} \quad (1.14)$$

$$V_{эн}^{(+)} = 0,53 * \frac{260}{2,56} + 6,94 * 10^{-4} \frac{67600}{4,096} = 235 \text{ м/ч}$$

13) Расчет защитного газа по формуле:

$$q_{зг} = 3,3 * 10^{-3} * I_{св}^{0,75} \text{ Л/с или;} \quad (1.21)$$

$$q_{зг} = 0,2 * I_{св}^{0,75} \text{ Л/мин} \quad (1.22)$$

$$q_{зг} = 0,0033 * 64,75 = 0,213 \text{ Л/с}$$

$$q_{зг} = 0,2 * 64,75 = 13 \text{ Л/мин}$$

Полученные данные сводим в таблицу 1.7.

Таблица 1.7-Результаты расчета режима автоматической сварки

F <sub>H</sub>	d <sub>э</sub>	V <sub>св</sub>	V <sub>ЭП</sub>	I <sub>св</sub>	U <sub>св</sub>	j
24 мм <sup>2</sup>	1,6 мм	42,12 м/ч	235 м/ч	260 А	27 В	129 А/мм <sup>2</sup>



## 1.7 Подбор оборудования для сборки и сварки

### Машина листогибочная трехвалковая MRM-S (2550x190)

Предназначена для гибки цилиндрических и конических обечаек из листового материала в холодном состоянии, а также для гибки двутавров, швеллеров, уголков, полосовой стали, прутков и труб.



Рисунок 6- Машина листогибочная трехвалковая MPM-S(2550x190)

Таблица 8 - Технические характеристики станка MPM-S(2550x190)

Наибольшая толщина листа при гибке, мм	8
Наибольшая ширина листа при гибке, мм	2000
Минимальный радиус гибки, мм	125
Диаметр верхнего валка, мм	180
Мощность привода, кВт	6,3
Длина станка, мм	3600
Ширина станка, мм	1040
Высота станка, мм	1450
Масса станка, кг	2550

Сварочные полуавтоматы серии «ТЕНА» ТПС - 400 предназначены для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG). Настройка параметров сварки осуществляется

посредством сенсорного экрана, который реагирует на нажатие даже в сварочных перчатках (крагах).



Рисунок 7-Сварочные полуавтоматы серии TIS - 400

Система может управляться через локальную сеть или интернет, а также через мобильные планшеты (в т.ч. Apple IPAD). Возможно управление сварочными параметрами, а также полная диагностика аппарата.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

34

TPS полностью готов к интегрированию и работе в составе автоматизированных комплексов. В зависимости от исполнения возможна поставка в виде моноблока или с выносным механизмом подачи проволоки. В нашем случае предусмотрено использование водоохлаждаемой горелки и, соответственно, источника комплектуется системой охлаждения горелки.

Серия источников TPS применяется преимущественно для сварки углеродистых и легированных сталей, алюминия и его сплавов, бронз и т.п. при производстве металлоконструкций, машиностроительного оборудования, резервуаров, транспортных средств и т.д. Серия источников TPS предназначена для работы в тяжёлых условиях (сильная запыленность, широкий температурный диапазон, работа под открытым небом, в дожди т.д.)

**Взаимодействие : прямая связь  
между человеком и машиной.**

/ Платформа TPS/i в состоянии разумно взаимодействовать с пользователем. Она предоставляет пользователю надежную помощь в процессе настройки, при выборе правильных опций и проведении централизованного обновления элементов. В результате, система работает быстрее, проще и надежнее.

**Автоматическое  
обнаружение элементов**  
/ Система всегда своевременно  
распознает подключенные  
элементы и сообщает о любых  
проблемах совместимости.  
Благодаря этому вероятность  
неправильной конфигурации  
практически отсутствует.



Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

**ДП44.03.04.126ПЗ**

Лист

35

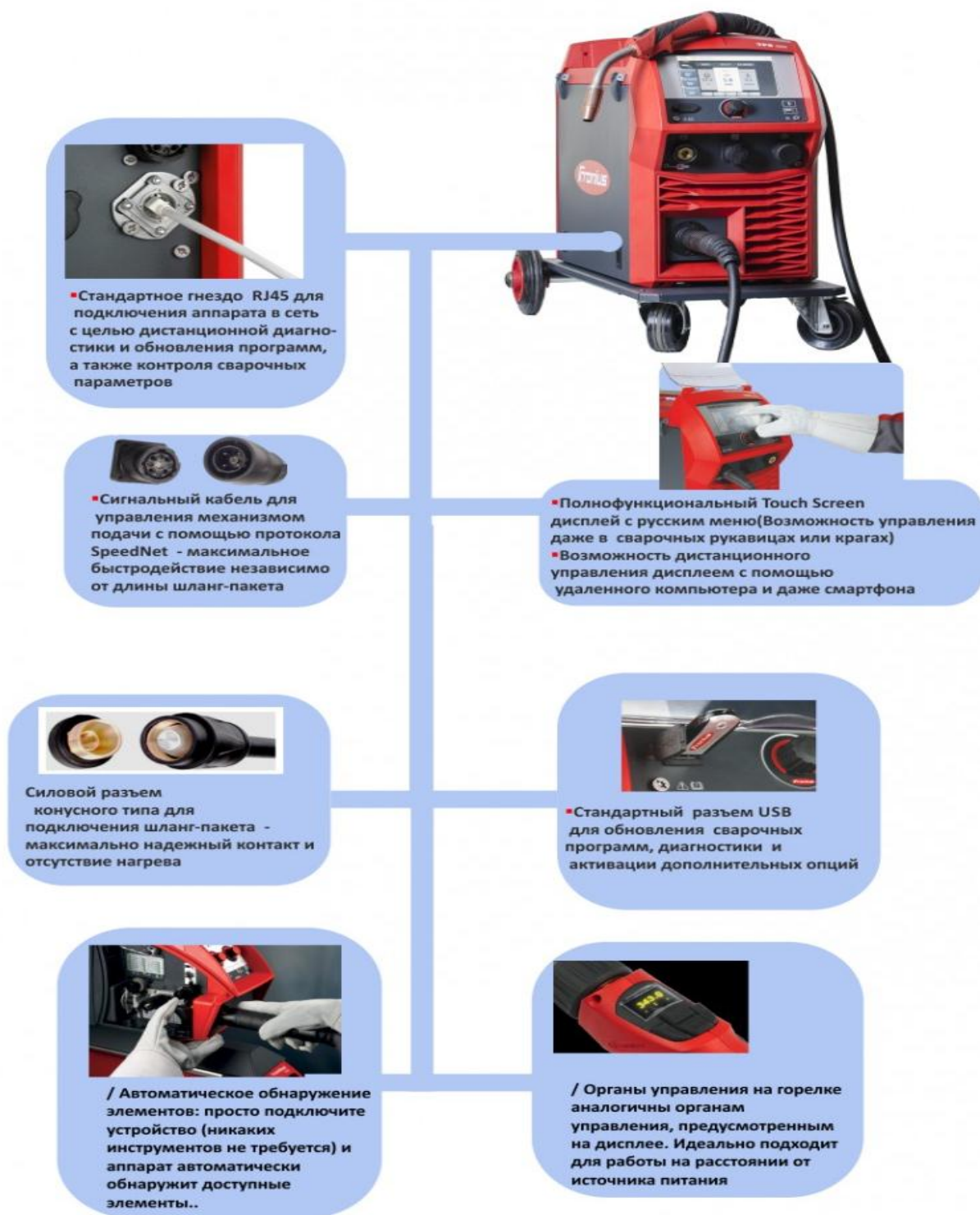


Рисунок 8- Отличительные особенности сварочных полуавтоматов линейки TIGS

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

36



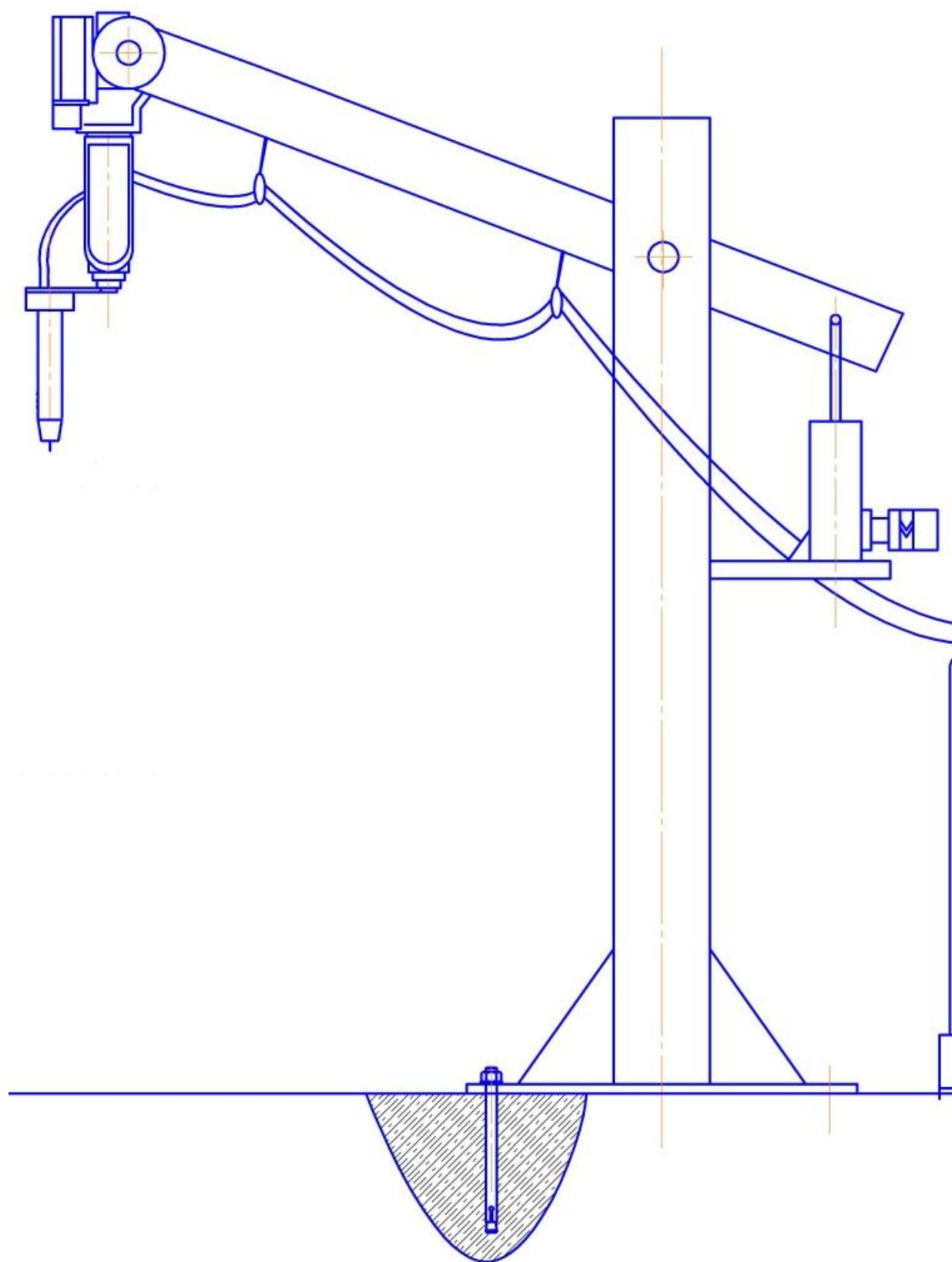


Рисунок 9 – Сварочная стойка

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

38





Комбинированный канал для алюминиевой и хромоникелевой проволоки

Специальная длина шлангпакета 1,1 - 4,6 м по желанию клиента

**Способ сварки:**

Свара MIG/MAG

Импульсная дуговая сварка MIG/MAG

Высокопроизводительная сварка MIG/MAG

MIG-пайка

Основные материалы:

Ферритная/аустенитная хромонокелевая сталь

**Области применения:**

Изготовление оборудования, резервуаров и стальных конструкций, машиностроение

Автомобильная промышленность и производство комплектующих

Специальные и строительные машины

Сооружение химических установок

Роботизированная сварка

Изготовление рельсовых транспортных средств

Судостроение, работы в открытом море

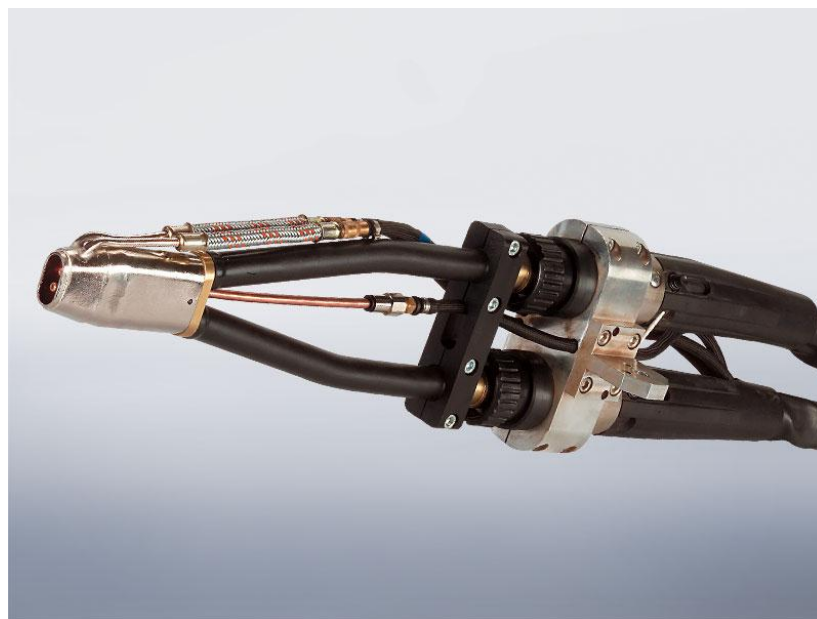


Рисунок 10-Горелка Robacta twin 900

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		40



## Вращатель на основе PanaDice серии RJC

Навко-тех разработал новый тип комбинированных вращателей - более компактной конструкции и с улучшенными скоростными характеристиками. Вращатели RJC - серии комбинируют функции поворота, вращения со сварочной скоростью и функцию наклона в одном изделии. Новый вращатель комплектуется двумя сервомоторами и редукторами, оборудован двумя планшайбами.



Рисунок 11 – Вращатели на базе PanaDice серии RJC

### 1.8 Контроль качества сварных соединений

Осуществляется контроль качества выполнения сварки по наличию наружных или внутренних дефектов, а также контроль геометрических параметров сварного шва и изделия в целом. Наружные дефекты контролируют внешним осмотром невооруженным глазом или с помощью лупы. Внешнему осмотру подвергают 100% деталей.

					<b>ДП44.03.04.126ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>41</b>

## 1.9 Технология сборки и сварки

Производственный процесс изготовления сварного изделий включает три стадии:

- изготовление деталей сварных конструкций;
- сборка и сварка сборочных единиц;
- отделка сварных конструкций, которые сопровождаются основными (правка, разметка, гибка, резка, сборка, сварка), отделочными (зачистка и шлифовка сварных швов, термическая обработка, нанесение защитных покрытий) и вспомогательными (транспортные, контрольные) операциями.

Деталь «Диск» состоит из простых конструктивных элементов:

- обод;
- диск;

Таблица 1.11 – Технология изготовления изделия «Диск колеса»

№ п/п	№ деталей	Наименование	
		операций	работ
1		Транспортировка	Доставка металла со склада на заготовительные участки цеха
1	2	3	4
2	2	Резка	Резка на гильотинных ножницах по установленным упорам на листе из стали 20 толщиной 8 мм
3	1	Резка	Резка по управляющим программам на установке лазерной резки из листа из стали 08ЮА толщиной 12 мм
4	1,2	Зачистка	Дробеструйная очистка заготовки
5	1	Холодная штамповка, просечка.	Очищенная заготовка отправляется на прессы для придания нужной формы и вырубки отверстий
6	2	Вальцовка	Вальцовка заготовок в холодном состоянии с целью получения цилиндрических обечаек на листогибочных трехвалковых вальцах
7	2	Стыковка, сварка плоских заготовок	На специальной машине производится точная стыковка свариваемых кромок. Затем деталь сваривается
8	2	Зачистка шва	Выполняется зачистка шва
9	2	Придание сложной формы на волках	Выполнение сложной геометрии обода на волках

Окончание таблицы 1.11

1	2	3	4
10	1,2	Сборка	Производится окончательная сборка. Диск запрессовывают в обод. Ставится 4 прихватки
11	1,2	Сварка	На специальном сварочном стенде производится автоматическая сварка кольцевого шва изделия, а среде защитных газов Ar + CO <sub>2</sub> Режимы сварки представлены в таблице 1.7
12		Контроль	100% изделий подвергаются визуально оптическому контролю
13		Окраска	Готовое изделие подвергают окрашиванию что бы придать ему коррозионную стойкость

Основными критериями для выбора рациональных типов оборудования и оснастки служат их следующие признаки: наименьшие габаритные размеры оборудования, обуславливающие минимальную необходимую площадь для размещения его в цехе; наименьшая возможная масса; наибольшая эксплуатационная надежность и относительная простота обслуживания, техническая характеристика, наиболее отвечающая всем требованиям принятой в разрабатываемом цехе технологии операций.

Так же следует учитывать, что в серийном производстве применяют универсальное оборудование, простую и комбинированную оснастку с ручной или механизированной подачей листов, прутков, полос или штучных заготовок. Используют общецеховой и напольный транспорт.

Все данные по основному и вспомогательному оборудованию сведены в таблицу

Таблица 12 – Основное и вспомогательное оборудование

Название операции	Наименование оборудования, приспособления оснастки и инструмента	Основные технические характеристики	Габаритные размеры, мм
1	2	3	4
Резка	Установка лазерной резки TruLaser 3530 фирмы TRUMPF, Германия	Мощность лазера – 3200 Вт Рабочий диапазон (X×Y×Z) – 3000×1500×114 Скорость позиционирования параллельно оси – 120 м/мин Толщина стального листа – 0,5...12 мм Мин. Программируемая величина перемещения – 0,01 мм Масса – 9400 кг	Длина – 9300 мм Ширина – 4600 мм Высота – 2000 мм
Зачистка	Зачистная машина SBM-M 1500 S2	Подача заготовки – автоматическая Скорость движения конвейера – 0...4 м/мин Толщина листа – 50 мм Ширина прохода – 1500 мм Мощность – 12 кВт Масса – 2305 кг	Длина – 1347 мм Ширина – 2754 мм Высота – 1748 мм
Вальцовка	Листогибочные трехвалковые вальцы MRM - S	Количество валков – 3 Диаметр валков – 180 мм Длина вальц. Листа – 1500 мм Толщина вальц. Листа – 8 мм Наим. Диаметр вальцевания – 120 мм Скорость проката – 0,17 м/мин Мощность – 3 кВт Масса – 870 кг	Длина – 2310 мм Ширина – 750 мм Высота – 1220 мм
Формовка	Пресс кривошипный КД2330	Номин. Усилие пресса – 100 т Ход ползуна – 10...130 мм Размер стола – 800×560 мм Толщина подштамповой плиты – 100 мм Мощность – 10 кВт Масса – 9015 кг	Длина – 2360 мм Ширина – 1745 мм Высота – 3180 мм

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

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

44

Окончание таблицы 12

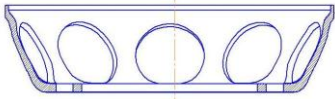
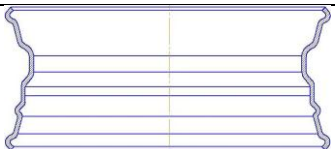
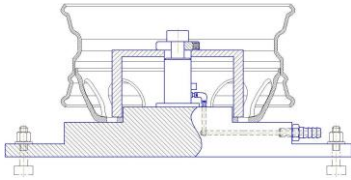
1	2	3	4
Сварка	Подающий механизм PM 400 TPI3	Диаметр электродной проволоки 1,6 мм Скорость подачи проволоки – 45...950 м/ч Напряжение хол. Хода – 45 В Напряжение сети – 220/380 В Мощность – 17 кВт Масса – 11 кг	Длина – 730 мм Ширина – 400 мм Высота – 830 мм
	Инверторный источник питания для сварки TPI3	Номин. Сварочный ток – 400А (ПВ40%) 250А (100%) Род свар. Тока – постоянный Пределы регулирования: св. тока – 0÷400 А раб. Напряжения – 16-38 В Напряжение хол. Хода – 55 В Напряжение сети – 220;380 В Мощность – 32 кВт Масса – 45 кг	Длина – 800 мм Ширина – 1100 мм Высота – 940 мм

В целях удобного расположения всех записей разработку технологического процесса выполняем в маршрутно-технологической карте. Данные сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Маршрутно-технологическая карта

Название операции	Эскиз	Режимы и способы сварки, основные и вспомогательные материалы	Оборудование	Примечание
1	2	3	4	5
Транспортировка			Электрокар	
Резка			Установка лазерной резки TruLaser 3530 для проката 12мм, и Гильотинные ножницы для проката 8мм	

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Зачистка			Зачистная машина SBM-M 1500 S2	
Вальцовка			Листогибочные трехвалковые вальцы MRM-S	
Сварка		Сварочн. проволока Св-08ГС Ø1,6 мм ГОСТ 2246-70 Защитный газ: Аг высший сорт ГОСТ 10157-79 (82 %) CO <sub>2</sub> высший сорт ГОСТ 8050-85 (18 %)	Сварочный полуавтомат ТПС Сварочный выпрямитель ТПС	Сварка обечайки
Формовка			Пресс кривошипный КД2330	Формовка и вырубка отверстий
Прокатка			Роликовый станок АЕ&Т АА-RSM595	
Сборка-прихватка		Диаметр проволоки – 1,6 мм Сварочный ток – 260 А Напряжение на дуге – 27 В Скорость сварки – 42 м/ч Вылет проволоки – 16 мм Кол-во прихваток – 4 шт Длина прихваток – 10 мм	Сборочное приспособление с пневматич-ким приводом  Полуавтомат ПДГО-312 с источником питания ВДГ-303.	

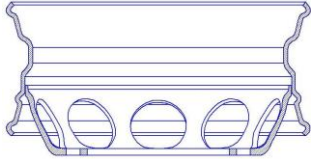
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ДП44.03.04.126ПЗ

Лист

46

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5
Сварка		Диаметр проволоки – 1,6 мм Сварочный ток – 260 А Напряжение на дуге – 27 В Скорость сварки – 42 м/ч Вылет проволоки – 16 мм	Автоматизированная ячейка: Сварочный выпрямитель <b>ТПС</b> , стойка, Вращатель <b>PANADICE</b> , подающий механизм	
Зачистка			Машинка шлиф. МШ-70	

## 2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки диска колеса, изготавливаемого из стали марок 08ЮА и ст 20 с применением автоматической сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась механизированной (полуавтоматической) сваркой в среде  $\text{CO}_2$ . При этом для сборки и сварки использовалась сварочная установка, в состав которой входили: сварочный полуавтомат ПДГ-251с источником ВДГ-302, сварочная горелка, сварочная плита, баллон с углекислотой.

Проектируемая технология предполагает замену механизированной сварки корпуса сборника на автоматическую сварку в защитной смеси К-18 ( $\text{Ar}-82\%$ ;  $\text{CO}_2 - 18\%$ ).

### 2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

2.1.1 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.;

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		48



$t_{обс}$  – 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,  $m \Sigma L_{шв} = 1,8m$ ;

$V_{св}$ – скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 42,12m/ч$ ;

$V_{св}$  – скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 9,36m/ч$

Определяем основное время по формуле (43) для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{1,8}{9,36} = 0,2 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{1,8}{42,2} = 0,05 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

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:

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{нз} = \frac{0,2 \cdot 10}{100} = 0,02 \text{ ч. (базовый вариант) } 18$$

$$t_{нз} = 0,005 \text{ ч. (проектируемый вариант) } 5,4$$

Вспомогательное время ( $t_6$ ) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой  $t_3$ , осмотр и очистку свариваемых

кромки  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , клеймение швов  $t_{кл}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{уст}$ :

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

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

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,  $L_{шв} = 6,3 \text{ м}$ .

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле (45) для обоих вариантов

$$t_{кр} = 1,8 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (1-1)) = 1,08 \text{ мин.} = 0,018 \text{ ч.}$$

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

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

$$t_{бр} = 0,018 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 мин. на 1 знак,  $t_{кл} = 1,2 \text{ мин.} = 0,02 \text{ ч}$ .

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{уст}$ ) зависит от его массы, данные указаны в таблице 2,1. Вес изделия 39,6 кг.

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

$$t_{уст} = 5,20 \text{ мин.} = 0,087 \text{ ч.}$$

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

$$t_g = 0,083 + 0,018 + 0,018 + 0,02 + 0,087 = 0,226 \text{ ч.}$$

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 (46) для обоих вариантов

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,2 = 0,014 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,05 = 0,0035 \text{ ч.}$$

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 (47) для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_n = 0,07 \cdot 0,2 = 0,014 \text{ ч.}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,05 = 0,0035 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени  $T_{шт-к}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (42)

$$T_{шт-к} = 0,2 + 0,02 + 0,226 + 0,014 + 0,014 \approx 0,48 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,05 + 0,005 + 0,226 + 0,0035 + 0,0035 \approx 0,29 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

## 2.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

1) Время сварки на одно изделие:

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

$$t_{очн} = 0,2 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{очн} = 0,05 \text{ ч. (проектируемый вариант).}$$

2.2) 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  $N = 40000$  *шт.*

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

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

$N$  – годовая программа, шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,48 \cdot 40000 = 19200 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 0,29 \cdot 40000 = 11600 \text{ ч.}$$

Определим трудоемкость только процесса сварки при выполнении годовой производственной программы

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

$$T_{\text{год}} = 0,2 \cdot 40000 = 8000 \text{ ч.}$$

$$T_{\text{год}} = 0,05 \cdot 40000 = 2000 \text{ ч.}$$

2.3) Рассчитаем количество единиц сварочного оборудования:

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

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

( $\Phi_{\delta} = 1914 \text{ час.}$ );

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

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

$$C_p = \frac{8000}{1914 \cdot 1,1 \cdot 2} = 3,6 \text{ шт}$$

$$C_p = \frac{2000}{1914 \cdot 1,1 \cdot 2} = 0,9 \text{ шт}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

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 четыре рабочих места для сварки годового объема продукции. По новой измененной технологии достаточно одной установки для автоматической сварки в среде защитного газа. Примем для базового варианта  $C_{np} = 4$  шт. , а для проектируемого варианта примем  $C_{np} = 1$  шт.

2.4) Расчёт коэффициента загрузки оборудования КЗ производим по формуле

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

$$Кз = \frac{3,6}{4} = 0,9 \text{ (базовый вариант)}$$

$$Кз = \frac{0,9}{1} = 0,9 \text{ (проектный вариант)}$$

### 2.1.3 Расчет капитальных вложений

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

Таблица 2.2 – Состав и стоимость технологического оборудования

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт	40000	40000
Сварочный полуавтомат ПДГ-251с источником питания ВДГ-302, $C_{omm}$	руб./шт	320000	
Сварочно-сборочный стол	руб./шт	5000	

Окончание таблицы 2.2

1	2	3	4
Автоматизированная ячейка, ВСЕГО: Сварочная стойка, блок управления в составе источника питания, 2 источника питания ТПС - 400, вращатель-позиционер на основе PanaDice, сварочная горелка Robacta 900	руб./шт		1000000 400000 5000
Приспособление для сборки и сварки	руб./шт		120000
Сварочная проволока Св-08ГС, Ø 1,2 мм, Ц <sub>о</sub>	руб./кг	80	
Сварочная проволока Св-08ГС, Ø 1,6 мм, Ц <sub>о</sub>	руб./кг		80

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле(5)

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 ( $K_{мз} = 0,12$ ).

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

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

$$K_{обj} = 1525000 \cdot (1 + 0,12) = 1708000 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

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

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

$$K_{об} = 364000 \cdot 4 \cdot 1 = 1456000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 1708000 \cdot 1 = 1708000 \text{ руб.} \quad (\text{проектируемый вариант}).$$

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.

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	1 525 000
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	364 000	1 708 000
Количество комплектов оборудования, шт.	4	1
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	1 456 000	1 708 000

## 2.2 Определение себестоимости изготовления металлоконструкций

### 2.2.1 Расчет технологической себестоимости металлоконструкций

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

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Сталь 20 и 08ЮА, $C_k$	руб./т	40000	40000
Тариф на электроэнергию, $C_{элм}$	руб./кВт-час	3,16	3,16
Защитный газ CO <sub>2</sub> , $C_{з.2}$	руб./л	0,08	
Защитный газ (смесь K18), $C_{з.2}$	руб./л		0,13
Расход защитного газа	л/мин	8	13
Длина сварного шва	м	1,8	1,8
Квалификационный разряд электросварщика	разряд	4	5



Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4
Тарифная ставка, $T_{ст}$	руб.		
Сварщики		144	168
Вспомогательные рабочие		130	130
Масса конструкции	т	0,04	0,04

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

$$C_T = MЗ + Z_э + Z_{пр}, \quad (2.12)$$

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

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

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

*Расчет материальных затрат*

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

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

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

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).

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

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

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, которыми являлись стали 20 и 08ЮА.

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

где  $m_{к.}$  – масса конструкции,  $m_{к.} = 0,04$  т;

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

$$C_{к.м.} = 0,04 \cdot 40000 = 1600 \text{ руб.}$$

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

## Расчет затрат на электродную проволоку

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

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 K18  $\psi = 1,01-1,04$ );

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

$K_{тр}$  – 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:

$$L_{шв} = 1,8 \text{ м} = 180 \text{ см}$$

$$F_o = 24 \text{ мм}^2 = 0,24 \text{ см}^2.$$

$$V_{нм} = 180 \cdot 0,24 = 43,2 \text{ см}^3.$$

$$M_{нм} = 43,2 \cdot 7,8 = 336,96 \text{ г} \approx 0,337 \text{ кг}$$

Производим расчеты  $C_{св.нр}$  на изготовление одной металлоконструкции по формуле (9):

$$C_{св.нр} = 0,337 \cdot 1,2 \cdot 80 \cdot 1,05 = 34 \text{руб. (базовый вариант – сварка в CO}_2\text{)}$$

$C_{св.нр} = 0,337 \cdot 1,02 \cdot 80 \cdot 1,05 = 29 \text{руб. (проектируемый вариант – сварка в защитной смеси К-18)}$ .

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

$$C_{др} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_p \cdot C_{зг} \cdot K_m, \quad (2.19)$$

где  $t_{осн}$  – время сварки в расчете на одно металлоизделие, базовый вариант  $t_{осн} = 12$  мин., проектируемый вариант  $t_{осн} = 3$  мин.;

$q_{зг}$  – защитного газа,  $CO_2$  – 8 л/мин., смесь К18 - 13 л/мин.;

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

$C_{зг}$  – цена газа за один  $дм^3$  газа в свободном состоянии,  $CO_2$  – 0,08 руб./  $дм^3$ , смесь К18 – 0,13 руб./ $дм^3$ ;

$K_m$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, его можно принять в пределах 1,05...1,08.

$$C_{зг} = 12 \cdot 8 \cdot 1,1 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 9 \text{руб. (базовый вариант – защитный газ CO}_2\text{)}$$

$$C_{зг} = 3 \cdot 13 \cdot 1,1 \cdot 0,13 \cdot 1,05 = 6 \text{руб. (проектируемый вариант – защитная смесь К-18)}$$

Стоимость основных материалов ( $C_{о.м}$ , руб.) в расчете на одно металлоизделие с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле(8):

$$C_{о.м} = 1600 + 34 + 9 = 1643 \text{руб.}$$

$$C_{о.м} = 1600 + 29 + 6 = 1635 \text{руб.}$$

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
						60
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		

Затраты на электроэнергию,  $Z_3$ , расходуемую на выполнение технологической операции сварки металлоизделия, рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_3 = \alpha_3 \cdot W \cdot Ц_3, \quad (2.20)$$

где  $\alpha_3$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт·ч/кг;

$W$  – расход электроэнергии, кВт·ч;

$Ц_3$  – цена за 1кВт/ч;  $Ц_3 = 3,16$ кВт/ч.

Для укрупнённых расчётов при автоматической сварке на постоянном токе величину  $\alpha_3$  можно принимать равной - 5...8 кВт·ч/кг

$$Z_3 = 8 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 19,01 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_3 = 6 \cdot 0,752 \cdot 3,16 = 14,3 \text{руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные расходы ( $M_3$ ) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (7):

По базовому варианту:

$$M_3 = 1643 + 19,01 + 9 = 1671,01 \text{руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$M_3 = 1635 + 14,3 + 6 = 1655,3 \text{руб.}$$

*Расчет численности производственных рабочих*

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		61

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

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

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

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

$\Phi_{др}$  - действительный фонд времени производственного рабочего ( $\Phi_{др} = 1870$  час.);

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

По базовому варианту

$$Ч_{ор} = \frac{19200}{1870 \cdot 1,1} = 9,3 \text{ чел.}$$

Из них сварщиков

$$Ч_{св} = \frac{8000}{1870 \cdot 1,1} = 3,8 \text{ чел.}$$

примем  $Ч_{ор} = 10$  человек,  $Ч_{св} = 4$  человек.

По проектируемому варианту

$$Ч_{ор} = \frac{11600}{1870 \cdot 1,1} = 5,6 \text{ чел.}$$

Из них сварщиков

$$Ч_{св} = \frac{2000}{1870 \cdot 1,1} = 0,97 \text{ чел.}$$

принимаем  $Ч_{ор} = 6$  человек,  $Ч_{св} = 1$  человека.

## Расчет расходов на оплату труда производственных рабочих

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих (З<sub>пр</sub>) с отчислениями на социальное страхование рассчитывается по формуле (при применении повременной формы оплаты труда сварщиков и вспомогательных рабочих)

$$З_{пр} = (Р_{пв_{св}} + Р_{пв_{вс}}) \cdot К_{пр} \cdot К_{д} \cdot К_{сс} + Д_{вр}, \quad (2.23)$$

$$Р_{пв} = Т_{ст} \cdot \Phi_{р} \cdot Ч / N \quad (2.24)$$

где  $\Phi_{р}$  - годовой действительный фонд времени одного рабочего, час.  
( $\Phi_{р} \approx 1870$  час.);

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

$\text{Ч}$  - количество рабочих; в базовом варианте сварщиков  $\text{Ч}_{св} = 4$  чел., вспомогательных рабочих  $\text{Ч}_{вс} = 5$  чел.; в проектируемом  $\text{Ч}_{св} = 1$  чел., вспомогательных рабочих  $\text{Ч}_{вс} = 4$  чел.,

$N$  - годовая программа выпуска металлоизделий,  $N = 40000$  шт.

$R_{пв}$  –расценка за единицу изделия для сварщиков  $R_{пв_{св}}$  и вспомогательных рабочих  $R_{пв_{вс}}$ , руб.;

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

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

$K_{д}$  - 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), Кд - 1,2;

Двр – доплата за вредные условия труда, руб.

$$Р_{ПВ_{св}} = 144 \cdot 1870 \cdot 4 / 40000 = 26,92 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Р_{ПВ_{св}} = 168 \cdot 1870 \cdot 1 / 40000 = 8 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

$$Р_{ПВ_{вс}} = 130 \cdot 1870 \cdot 5 / 40000 = 30,39 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Р_{ПВ_{вс}} = 130 \cdot 1870 \cdot 4 / 40000 = 24,31 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

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 полувтоматической и автоматизированной сварки коэффициент принимаем соответственно 0,48 и 0,29.

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

$$D_{вр} = 144 \cdot 0,48 \cdot 0,51 = 35,26 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$Z_{пр} = (27 + 30,39) \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 46,27 = 180,6 \text{ руб.}$$

$$D_{вр} = 168 \cdot 0,29 \cdot 0,05 = 3 \text{ руб. (проектный вариант)}$$

$$Z_{пр} = (8 + 24,31) \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 46,27 = 121,9 \text{ руб.}$$



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

$$Z_{год} = N \cdot Z_{пр}$$

$$Z_{год} = 40000 \cdot 180,6 = 7224000 \text{ руб. (базов. вариант)}$$

$$Z_{год} = 40000 \cdot 121,9 = 4876000 \text{ руб. (проект. вариант)}$$

Среднемесячные расходы на оплату труда одного рабочего составят:

$$Z_{м} = Z_{год} / 12 \cdot Ч_{ор}$$

$$Z_{м} = 7224000 / (12 \cdot 10) = 60200 \text{ руб. (баз. вариант)}$$

$$Z_{м} = 4876000 / (12 \cdot 6) = 67722,22 \text{ руб. (проект. вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости  $Ст$  изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ( $N= 40000$  шт.) в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты расчета технологической себестоимости изготовления годового и штучного выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант		Проектный вариант	
	Год	Шт	Год	Шт
Затраты на основные материалы, Со.м , руб.	65 720 000	1634	65 400 000	1635
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), Сэн, руб.	760 400	19,01	572 000	14,3
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $Z_{пр}$ , руб.	7 224 000	180,6	4 876 000	121,9
Технологическая себестоимость, $Ст$ , руб./металлоизделие	73 704 400	1842,6	70 848 000	1771,2

Расчет производственной себестоимости изготовления металлоизделия

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

$$C_{\text{ПР}} = C_{\text{Т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}}, \quad (2.26)$$

где  $C_{\text{Т}}$  – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

В статью «Общепроизводственные расходы» ( $P_{\text{пр}}$ , 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.

$$P_{\text{пр}} = C_{\text{А}} + C_{\text{р}} + P_{\text{пр}}^* \quad (2.27)$$

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

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

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

Затраты на амортизацию оборудования, приходящиеся на одно изделие ( $C_{\text{А}}$ ), при базовом варианте технологии изготовления

металлоконструкции и проектируемом варианте технологии рассчитаем по формуле:

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

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.  $\Phi_D = 3828$  час.;

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

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

по – количество оборудования, шт.;

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

Базовый вариант:

$$C_A = \frac{1456000 \cdot 14,7 \cdot 8000}{100 \cdot 3828 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 365971 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант

$$C_A = \frac{1708000 \cdot 14,7 \cdot 2000}{100 \cdot 3828 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 107329 \text{ руб.}$$

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

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		67

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

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

$$C_p = \frac{1456000 \cdot 3}{100} = 43950,00 \text{ руб}$$

на производственную программу по базовому варианту или 1,1 руб./шт.

$$C_p = \frac{1708000 \cdot 3}{100} = 51240,00 \text{ руб.}$$

на производственную программу по проектному варианту или 1,3 руб./шт.

*Расходы на содержание производственных помещений* (отопление, освещение), прочие цеховые расходы принимаются в процентах от заработной платы производственных рабочих

$$P_{пр}^* = \frac{\%P_{пр} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.30)$$

$$P_{пр}^* = \frac{7224000 \cdot 10}{100} = 722400 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{пр}^* = \frac{4876000 \cdot 10}{100} = 487600 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

где  $ЗП_{пр}$  – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%РПР$  – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов, %.  $РПР = 10\%$ .

Расчет общехозяйственных расходов. В статью «Общехозяйственные расходы» (РХОЗ, руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация зданий и сооружений общезаводского назначения; расходы на содержание зданий и сооружений общезаводского назначения (ремонт и расходы по эксплуатации, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, прочие расходы по содержанию и охране, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний и т.д.). Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле:

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{\%P_{\text{ХОЗ}} \cdot ЗП_o}{100}, \quad (2.31)$$

где ЗП – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

% РХОЗ – процент общехозяйственных расходов, % РХОЗ = 25%.

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 7224000}{100} = 1806000 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{ХОЗ}} = \frac{25 \cdot 4876000}{100} = 1219000 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Выполним расчет общепроизводственных расходов (2.27) :

по базовому варианту:

$$P_{\text{пр}} = 365971 + 43950 + 722400 = 1132321,00 \text{ руб.}$$

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
						69
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		

по проектируемому варианту:

$$R_{\text{пр}} = 107329 + 51240 + 487600 = 646169,00 \text{ руб.}$$

Выполним расчет производственной себестоимости по формуле (2.26)

По базовому варианту:

$$\text{СПР} = 73\,704\,400 + 1\,132\,321 + 1\,806\,000 = 76\,642\,721 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту

$$\text{СПР} = 70\,848\,000 + 646\,169 + 1\,219\,000 = 72\,713\,169 \text{ руб.}$$

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций, Сп производим по формуле:

$$\text{СП} = \text{СПР} + R_{\text{к}}, \quad (28)$$

где  $R_{\text{к}}$  – коммерческие расходы, руб.

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $R_{\text{к}}$ , 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:

$$R_{\text{к}} = \frac{\% R_{\text{к}} \cdot C_{\text{пр}}}{100}, \quad (2.31)$$

где  $\%R_{\text{к}}$  – процент коммерческих расходов от производственной себестоимости,  $\%R_{\text{к}} = 0,1-0,5\%$ .

					<i>ДП 44.03.04.126.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		70

$$P_k = \frac{0,1 * 76642721}{100} = 76642,73 \text{ руб (базовый вариант)}$$

$$CП = 76642721,00 + 76642,73 = 76719363,73 \text{ руб.}$$

$$P_k = \frac{0,1 * 72713169}{100} = 72713,17 \text{ руб (проектируемый вариант)}$$

$$CП = 72713169,00 + 72713,17 = 72\,785\,882,17 \text{ руб.}$$

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. Материальные затраты:	65 720 000	65 400 000	-320 000
2. Затраты на технологическую электроэнергию	760 400	572 000	-188 400
3. Заработная плата производственных рабочих	7 224 000	4 876 000	-2 348 000
Итого технологическая себестоимость, Ст	73 704 400	70 848 000	-2 856 400
4. Общепроизводственные расходы, РПР	1 132 321	646 169	-486 152
5. Общехозяйственные расходы, Рхоз.	1 806 000	1 219 000	-587 000
Итого производственная себестоимость, Спр	76 642 721	72 713 169	-3 929 552
6. Коммерческие расходы, Рк	76 642,73	72 713,17	-3 929,56
Итого полная себестоимость, Сп	76 719 363,73	72 785 882,17	-3 933 481,56

### 2.3 Расчет показателей экономической эффективности

Расчет годовой экономии по полной себестоимости,  $\Delta C_{п}$ , руб., производим по формуле:

$$\Delta C_{п} = C_{п1} - C_{п2}, \quad (2.32)$$

$$\Delta C_{п} = 76\,719\,363,73 - 72\,785\,882,17 = 3\,933\,481,56$$

где  $C_{п1}$ ,  $C_{п2}$  - полная себестоимость годового выпуска продукции по базовому и проектируемому вариантам соответственно.

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте меньше технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на заработную плату и общехозяйственные нужды, а также за счет снижения коммерческих расходов.

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам,  $\Pi$ , руб. рассчитываем по формуле (2.35).

Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции ( $C$ , руб.) по формуле (2.33) по базовому и проектируемому вариантам. Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции,  $K_p$ , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,5.

$$C = (C_n * K_p) / N, \quad (2.33)$$

где  $N$  – годовой объем выпуска изделий, шт.,  $N = 40000$

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		72



$$Ц_1 = (76\,719\,363,73 \cdot 1,3)/40000 = 2493,38 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = (72\,785\,882,17 \cdot 1,5)/40000 = 2729,47 \text{ руб.}$$

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

$$B = Ц * N \quad (2.34)$$

$$B_1 = 2493,38 \cdot 40000 = 99\,735\,200 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 2729,47 \cdot 40000 = 109\,178\,800 \text{ руб.}$$

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

$$П = B - C_{п}, \quad (2.35)$$

$$П_1 = 99\,735\,200 - 76\,719\,363,73 = 23\,015\,836,27 \text{ руб.}$$

$$П_2 = 109\,178\,800 - 72\,785\,882,17 = 36\,392\,917,83 \text{ руб.}$$

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

$$\Delta П = П_2 - П_1, \quad (2.36)$$

$$\Delta П = 36\,392\,917,83 - 23\,015\,836,27 = 13\,377\,081,56 \text{ руб.}$$

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

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер.}}, \quad (2.37)$$

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.

$$C_{пер} = C_{тех} / N \quad (2.38)$$

$$C_{пер} = 73\,704\,400 / 40\,000 = 1842,61 \text{ руб}$$

$$C_{пер} = 70\,848\,000 / 40\,000 = 1771,2 \text{ руб}$$

$$N_{кр1} = \frac{76719363,3 - 73704400}{2493,38 - 1842,61} = 4633 \text{ шт.}$$

$$N_{кр2} = \frac{72785882,17 - 70848000}{2729,47 - 1771,2} = 2023 \text{ шт.}$$

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

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		74

$$R = \frac{\Pi}{C_n} * 100 \quad (2.39)$$

$$R_1 = \frac{23015836,27}{76719363,73} \cdot 100 = 30 \%$$

$$R_1 = \frac{36392917,83}{72785882,17} \cdot 100 = 50 \%$$

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:

$$\Pi_{mp} = \frac{B}{Ч_{op}}, \quad (2.40)$$

$$\Pi_{mp1} = \frac{99735200}{10} = 9973520 \text{ руб./чел.} = 9973,52 \text{ тыс. руб./чел.}$$

$$\Pi_{mp2} = \frac{109178800}{6} = 18196466,7 \text{ руб./чел.} = 18196,5 \text{ тыс. руб./чел.}$$

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

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta \Pi} \quad (2.41)$$

$$T_o = \frac{1708000 - 1456000}{1377082} = 0,18 \text{ года}$$

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

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		75

Таблица 2.7 – Техничко-экономические показатели проекта

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	40000	40000	-
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	тыс.руб.	99735200	109178800	9443600
3	Капитальные вложения, К	тыс.руб.	1 456 000	1 708 000	252000
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, С <sub>т</sub>	тыс.руб.	73 704 400	70 848 000	2856400
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, С <sub>п</sub>	тыс.руб.	76719363,73	72785882,17	3933481,56
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	тыс.руб.	23015836,27	36392917,83	13377081,5
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	9	5	4
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П <sub>тр</sub>	тыс.руб./чел.	9973,22	18196,5	8223,3
9	Рентабельность продукции, R	%	30	50	20
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т <sub>ок</sub> )	год		0,18	
11	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий)	шт.	4633	2033	2600

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения качества и увеличения срока службы сварных соединений металлоизделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и

общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 4 человека.

					<i>ДП 44.03.04.126.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		77

### 3 Методическая часть

В технологической части дипломного проекта разработана технология сборки и сварки колесного диска. В процессе разработки предложено заменить полуавтоматическую сварку на автоматическую сварку в смеси газов. В технологическом разделе предложена замена базового сварочного оборудования на современное – автоматическую ячейку для производства сварки. Это в свою очередь предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт такого оборудования.

К сборке-сварке по проектируемой технологии допускаются рабочие по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» не ниже 5-го разряда. В базовой технологии работы выполнялись рабочими по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го разряда. В связи с этим целесообразно разработать программу повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» и провести повышение квалификации в рамках данного промышленного предприятия.

Целью методической части дипломного проекта является разработка учебно-программной документации для повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 5-го разряда, с участием которых возможна реализация спроектированной в дипломном проекте технологии в условиях промышленного предприятия.

### 3.1 Анализ квалификационных характеристик

Квалификационная характеристика – это государственный документ, в котором содержатся требования к профессионально-техническим знаниям и умениям, обеспечивающим определенный уровень квалификации по профессии. Квалификационные характеристики по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» для разных квалификационных разрядов содержатся в Едином тарифно-квалификационном справочнике (ЕТКС) работ и профессий [15 ].

Изучены квалификационные характеристики по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го и 5-го разрядов.

Квалификационная характеристика рабочего по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 5-го разряда:

**Характеристика работ.** Автоматическая и механизированная сварка с использованием плазмотрона сложных аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов. Автоматическая сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях. Автоматическая сварка в среде защитных газов неплавящимся электродом горячекатаных полос из цветных металлов и сплавов под руководством электросварщика более высокой квалификации. Наплавление дефектов деталей машин, механизмов и конструкций. Наплавление сложных узлов, деталей и инструментов. Чтение чертежей сложных сварных металлоконструкций.

**Должен знать:** устройство различных сварочных автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и источников питания; основы электротехники в пределах выполняемой работы; способы испытания

сварных швов; марки и типы сварочных материалов; виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения; влияние режимов сварки на геометрию сварного шва; механические свойства свариваемых металлов.

После проведения сравнительного анализа квалификационных характеристик по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» для 4-го и 5-го разрядов установлено, что для выполнения работ по 5-му квалификационному разряду рабочих, имеющий 4-й квалификационный разряд, должен

***знать:***

– оборудование автоматической и механизированной дуговой сварки его типы, устройство, основные технические характеристики, правила его обслуживания и управления;

– устройство различных сварочных автоматов, полуавтоматов, плазматронов, источников питания;

– основы электротехники в пределах выполняемых работ;

– марки и типы сварочных материалов;

– способы испытания сварных швов;

– виды дефектов в сварных швах и методы их предупреждения и устранения;

– влияние режимов сварки на геометрию сварного шва,

– механические свойства свариваемых металлов.

***уметь выполнять следующие виды работ:***

– автоматическую и полуавтоматическую сварку сложных строительных конструкций;

– производить автоматическую и механизированную сварку во всех пространственных положениях сварного шва узлов, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей;

					<b>ДП 44.03.04.126.ПЗ</b>	<b>Лист</b>
<b>Изм</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Подп.</b>	<b>Дата</b>		<b>80</b>



– автоматическую и механизированную наплавку сложных деталей, механизмов, конструкций.

На основании данного сравнения квалификационных характеристик возможна разработка программы повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 5-го разряда.

### **3.2 Разработка учебного плана повышения квалификации**

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для повышения квалификации рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при повышении квалификации рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при повышении квалификации 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 повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 5-го

разряда, который представлен в таблице 3.1. Продолжительность обучения 1 месяц.

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

Таблица 3.1 - Учебный план повышения квалификации по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	42
1.1	Основы экономики отрасли	3
1.2	Материаловедение	3
1.3	Основы электротехники	2
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	32
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	134
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	40
2.2	Работа на предприятии	84
	Консультации	2
	Квалификационный экзамен	8
	ИТОГО	176

### 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, формировании ответственного отношения к труду и активной жизненной позиции. Программа предмета «Спецтехнология» разрабатывается на основе квалификационной характеристики, учебного плана повышения квалификации и учета требований работодателей.



*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: «Автоматическая ячейка», «Основной вид блока управления», «Панель управления»

– учебники:

*Виноградов В.С* Оборудование и технология дуговой автоматизированной и механизированной сварки / В.С Виноградов. – М. Машиностроение, 2010. – 365 с.

*Гладков Э.А* Управление процессами и оборудованием при сварке: учебн. пособие для студ.высш.учеб.зав. / Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. -432 с.

*Шишмарев В.Ю.* Автоматизация технологических процессов: учебн. пособие для студ. высш. учеб.зав. /В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. -352 с.

Структура урока:

1. Организационный момент;
2. Подготовка обучающихся к изучению нового материала;

Сообщение темы и цели занятия;

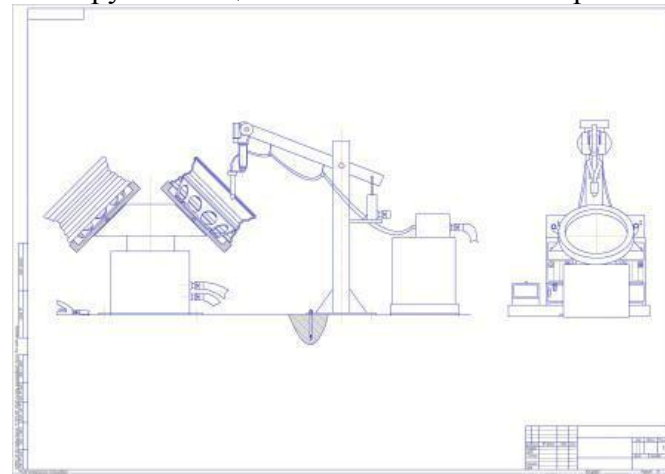
Актуализация опорных знаний.

Таблица 3.3 - План-конспект

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйтесь, прошу вас садитесь, приготовьте тетради и авторучки. Проверяю явку и готовность к занятию	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема занятия: «Устройство и основные элементы автоматической ячейки для сварки в среде защитных газов». Цель нашего занятия: «Формирование знаний об устройстве, основных элементах автоматической ячейки и их назначении»  Развивающая: развивать техническое и логическое мышление, память, внимание. Воспитательная: воспитывать сознательную дисциплину на занятии, ответственность и бережное отношение к оборудованию учебного кабинета.	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим известный вам 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 необходимый материал, а теперь приступим к изучению нового по следующему плану: – Назначение автоматизированных ячеек – Основные элементы автоматизированных ячеек – Взаимодействие элементов автоматизированной ячейки 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 автоматизация процессов сварки. Это объясняется высокой маневренностью, возможностью производить сварку в	Прошу учащихся записать определение, что такое сварочный автомат и его назначение. По мере изложения материала прошу смотреть на рисунки и схемы автомата. Вместе разбираем устройство механизмов, схемы, записываем основные моменты.

труднодоступных местах, в различных пространственных положениях. Автоматическая 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.

Автоматизированная ячейка представляет собой комплекс оборудования, защитных систем и предназначена для выполнения ряда технологических операций. В комплект оборудования необходимого для функционирования ячейки входит блок управления, источник питания с блоком охлаждения, сварочная колонна и вращатель. Для защиты окружающих от излучения дуги зона сварки изолируется защитными панелями и шторами.



Чертеж - Автоматизированная ячейка:

1 – Блок управления предназначен для построения современных автоматизированных систем управления технологическими процессами, автоматическое регулирование, автоматическое логико-программное управление, автоматическое управление структурой, защиту и блокировку

2 - источники питания ТПС

400 предназначены для полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, работает в составе автоматизированных и роботизированных комплексов

3 - блок охлаждения CR 1250 охлаждающее устройство со встроенным датчиком протока жидкости.

4 – сварочная стойка предназначена для подвешивания сварочной горелки Robacta twin 900. Подъем сварочной горелки осуществляется при помощи пневмоцилиндра работающего в двух положениях. Стойка обеспечивает точное позиционирование сварочной горелки.

Шлангпакеты горелки подвешиваются на стойке для

Давайте разберем подробно автоматизированную ячейку

Показываю чертеж роботизированной ячейки с ее техническими характеристиками.

Обращаю внимание обучающихся на плакат с общим видом, и начинаем разбирать основные части

Рассказываю о блоке управления. Записываем основные моменты

	<p>избегания их перегибов или натяжки. Сама горелка располагается на шарнирном узле, который и обеспечивает точное позиционирование горелки.</p> <p>5 – вращатель PanaDice– это приспособления, предназначенные для автоматизации сварочного процесса кольцевых швов. Использование вращателя значительно облегчает сварку когда деталь, которую сваривают вращается с определенной скоростью и в итоге получается ровный, однородный шов. Чаще всего скорость вращателя равна той скорости, которая соответствует формированию сварочного шва.</p>	
Первичное закрепление материала 10 минут	<p>Теперь запишем домашнее задание.</p> <p>1) повторить §5.2. <i>Гладков Э.А</i> Управление процессами и оборудованием при сварке.</p> <p>2) изучить конспект лекций по теме «Роботизированная ячейка»</p>	Разбираем домашнее задание, что нужно повторить к следующей теме.

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

Выполнив методическую часть дипломного проекта:

- изучили и проанализировали квалификационную характеристику рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах»;
- составили учебный план для повышения квалификации электросварщиков на автоматических и полуавтоматических машинах;
- 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 повышения квалификации рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования –

подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

					<i>ДП 44.03.04.126.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		88



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте разработан технологический процесс сборки и роботизированной сварки в среде защитных газов диска колеса для шин низкого давления. Проанализирована конструкция изделия, приведена характеристика свойств применяемых материалов, проведена оценка свариваемости сталей 20 и 08ЮА.

Выполнен расчет параметров режимов сварки и подобраны сварочные материалы. Разработан операционно-технологический процесс сварки, выбрано необходимое оборудование, предложено приспособление для сборки изделия. С целью подготовки кадров для реализации проекта разработана программа повышения квалификации по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах».

Выполнено технико-экономическое обоснование проекта.

Цели выпускной квалификационной работы достигнуты.

					<i>ДП 44.03.04.126 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		89

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

2 Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ.ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004. – 355 с.

3 Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.

4 Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.] ; под общ.ред. В.Г.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

5 Милютин В.С., Иванова Н.М. Источники питания для сварки. Учеб. Пособие. ч.1. [Текст] / В.С. Милютин, Н.М. Иванова. - Екатеринбург: Урал. Гос. Проф. – пед. Ун – т, 1995. – 234 с.

6 Методические указания к курсовому проекту по курсу «Оборудование отрасли». Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. университет», 2008. 38 с.

7 Расчет основных параметров режима механизированной дуговой сварки: Методические указания к курсовому и дипломного проектированию [Текст] / Р.Ф. Катаев. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ – УПИ, 1992. – 36 с.

8 Теория сварочных процессов: учебник для вузов / А. В. Коновалов, А. С. Куркин, Э. Л. Макаров [и др.]; под ред. В. М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ, 2007. - 752 с.

9 Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368с.

10 Быковский, О.Г. Справочник сварщика : справочник [Электронный ресурс] / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, Пешков В.С. – М.: Машиностроение, 2011. – 336с.

11 Экономическое обоснование технологических проектов: Методические указания по выполнению экономического обоснования дипломных проектов [Текст] / Л.М. Типнер. - Екатеринбург: изд-во УГТУ, 1999. – 20 с.

12 Кузнецов, Ю.В. Расчет экономической эффективности новой сварочной технологии [Текст]: методические указания / Ю.В. Кузнецов. – Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 159 с.

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

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

15 Эрганова, Н.Е. Методика профессионального обучения[Текст]: учебное пособие / Н.Е. Эрганова. – Екатеринбург: Изд-во РГППУ, 2004. – 150с.

					<i>ДП 44.03.04.126 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>91</i>