

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ СВАРКИ ЭЛЕМЕНТА УЗЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ  
ПЕРЕСЫПНОГО УСТРОЙСТВА**

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиль Машиностроение и материалобработка  
специализация Технологии и технологический менеджмент в сварочном  
производстве

Идентификационный код ВКР: 950

Екатеринбург 2018

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

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ИММ

\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018г.

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки элемента узла  
транспортирования пересыпного устройства

Исполнитель:  
студент группы Бр-511СМ

Д.К. Гинятов

Руководитель  
доц., канд. техн. наук

Д.Х. Билалов

Нормоконтролер  
доц., канд. техн. наук

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2018

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

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ СВАРКИ ЭЛЕМЕНТА УЗЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ  
ПЕРЕСЫПНОГО УСТРОЙСТВА**

Выпускная квалификационная работа

направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
профиль Машиностроение и материалообработка  
специализация Технологии и технологический менеджмент в сварочном  
производстве

Идентификационный код ВКР: 950

Екатеринбург 2018

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 90 листов печатного текста, 8 иллюстрации, 25 таблицы, 32 использованных источника, 1 приложение.

Ключевые слова: ЭЛЕМЕНТ УЗЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ПЕРЕСЫПНОГО УСТРОЙСТВА, СТАЛЬ 09Г2С, ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ, LAF-631, УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ, УГЛОВОЙ И СТЫКОВОЙ СВАРНОЙ ШОВ, РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СВАРКИ, УЧЕБНЫЙ ПЛАН, ПЛАН-КОНСПЕКТ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

В проекте разработан технологический процесс для сварки элемента узла сварной транспортирования пересыпного устройства. Предложена конструкция установки для сборки и сварки угловых и стыковых стыков изделия. Установка является универсальной, ее можно применять к большому спектру сварных конструкций. Технология сварки представлена с учетом предложенного оборудования

Рассчитаны режимы сварки для проектного варианта – автоматической сварки в среде защитных газов ( $CO_2$ ).

В методической части проекта разработана документация, включающая учебный план, учебную программу и план-конспект урока теоретического обучения.

Приведено экономическое обоснование эффективности замены ручной дуговой сварки на автоматическую в среде защитных газов.

					<b>ДП 44.03.04.950 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
Разраб.		Гинятов Д.К.			Разработка технологии и компоновка оборудования для сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Билалов Д.Х.					4	90
Реценз.						<b>Каф.ИММ, гр.Бр-511СМ</b>		
Н. Контр.		Плаксина Л.Т.						
Утверд.		Гузанов Б.Н.						

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Технологический раздел	10
1.1 Характеристика изделия. Назначение и условия работы	10
1.2 Характеристика материала	11
1.3 Свариваемость стали	12
1.4 Технология сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства	15
1.4.1 Обоснование выбора способа сварки	15
1.4.2 Выбор сварочных материалов	18
1.4.3 Выбор электродов для сборки изделия	20
1.4.4 Подготовка сварочных материалов	21
1.4.5 Подготовка плавящихся электроды	22
1.4.6 Подготовка сварочной проволоки	22
1.4.7 Режимы варки	23
1.5 Выбор сварочного оборудования	32
1.6 Контроль качества сварных соединений	40
1.7 Технологическая карта сварки-сборки изделия	43
2 Экономический раздел	45
2.1 Расчет полной себестоимости изготовления	45
2.2 Расчет показателей сравнительной эффективности	64
3 Методический раздел	71
3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов	72
3.2 Разработка учебного плана переподготовки по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением»	77
3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»	78

3.4 Разработка плана урока	79
Заключение	85
Список использованных источников	86
Приложение А. Спецификация	90

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

## ВВЕДЕНИЕ

Современный технический прогресс в промышленности неразрывно связан с совершенствованием сварочного производства. Сварка как высокопроизводительный процесс изготовления неразъемных соединений находит широкое применение при изготовлении металлургического, химического и энергетического оборудования, различных трубопроводов, в машиностроении, в производстве строительных и других конструкций.

Сварка - такой же необходимый технологический процесс, как и обработка металлов резанием, литьё, ковка, штамповка. Большие технологические возможности сварки обеспечили её широкое применение при изготовлении и ремонте судов, автомобилей, самолётов, турбин, котлов, реакторов, мостов и других конструкций [7].

Перспективы сварки как в научном, так и в техническом плане безграничны. Её применение способствует совершенствованию машиностроения и развитию ракетостроения, атомной энергетики, радиоэлектроники.

Начало производственного использования простейших способов сварки и пайки теряется в глубокой древности.

Способы сварки развивались очень медленно. На протяжении столетий в связи с отсутствием технической базы не происходило заметного изменения ни в ее технике, ни в технологии.

Принципиально важным для развития и применения сварочной науки и техники стал XX век, особенно первая его половина. В последние двадцать лет сварочное производство заметно совершенствовалось, в первую очередь в области оборудования и аппаратуры.

В начале XXI в. сварка является одним из ведущих технологических процессов создания материальной основы современной цивилизации.

Сварке подвергаются практически любые металлы и неметаллы в любых условиях - на земле, в воде, в космосе.

Толщина свариваемых деталей колеблется от микронов до метров, масса конструкций - от граммов до сотен тонн.

Зачастую сварка является единственно возможным способом создания неразъемных соединений конструкционных материалов и получения заготовок, максимально приближенных к форме и размерам готовой детали или конструкции.

Соединения, получаемые сваркой, характеризуются высокими механическими свойствами, небольшим расходом металла, низкой трудоемкостью и невысокой себестоимостью. Надежность соединений, выполненных сваркой, позволяет применять ее при сборке самых ответственных конструкций.[7]

*Объектом* разработки в представленной работе является технология сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства.

*Предметом* разработки является процесс сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства из стали 09Г2С.

*Целью* Дипломного проекта является разработка технологического процесса сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства из указанной стали при помощи автоматической сварки в защитном газе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать базовый вариант сварки;
- разработать технологию сварки;
- выполнить необходимые расчеты режима сварки;
- подобрать оборудование для сварки;
- разработать технологическую карту сварки-сборки.

Таким образом, в технологической части выпускной квалификационной работы (ВКР) на основе анализа базового варианта будет разработан проектируемый вариант технологии изготовления узла.

В процессе разработки ВКР использованы следующие *методы*:

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

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

- эмпирические методы, включающие изучение практического опыта и наблюдение.

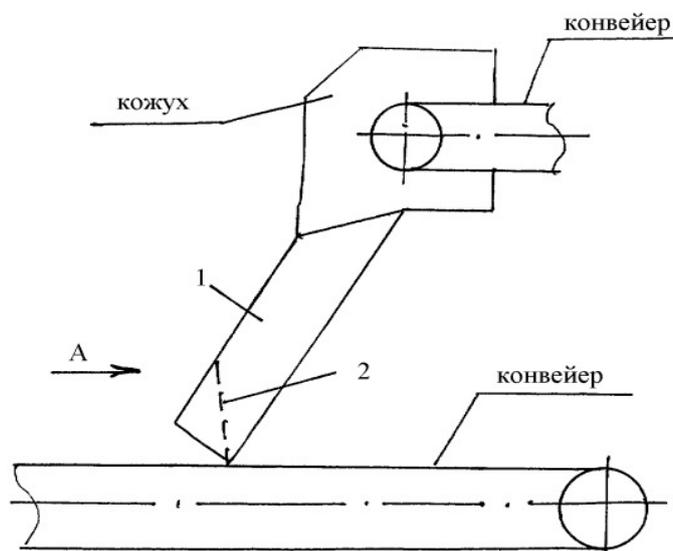
					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

# 1 Технологический раздел

## 1.1 Характеристика изделия. Назначение и условия работы

Элемент узла транспортирования пересыпного устройства предназначен для перегрузки материала с одного конвейера на другой. Устройство применимо в различных областях производства, где происходит перегрузка материала или изделий с одного конвейера на другой при наличии перепада по высоте, но шире всего оно используется в промышленности строительных материалов.

Внутри узла транспортирования пересыпного устройства материал истекает свободно под воздействием силы тяжести. Величина перепада зависит от упругих свойств подаваемого материала и коэффициента трения между подаваемым материалом и материалом корпуса узла транспортирования пересыпного устройства[1].



1-короб элемента узла транспортирования пересыпного устройства, 2-шторка

Рисунок 1 - Общий вид элемента узла транспортирования пересыпного устройства

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.950 ПЗ

Лист

10

Элемент узла транспортирования пересыпного устройства включает в себя короб элемента узла транспортирования пересыпного устройства 1 и шторку 2, вид крепления которой зависит от свойств материала шторки. Если шторка выполнена из упругого пластичного материала, например резины, то крепление может быть как неподвижным, так и шарнирным. При выполнении же шторки из неупругого материала крепление должно быть только шарнирным. Шторка 2 устанавливается в самом низу элемента узла транспортирования пересыпного устройства в месте выхода материала на конвейерную ленту ленточного конвейера с возможностью полного открытия ее лишь при перемещении конвейерной ленты.

Элемент узла транспортирования пересыпного устройства работает следующим образом. При подаче материала в короб элемента узла транспортирования пересыпного устройства 1 шторка 2, соприкасаясь в своей нижней части с пересыпаемым материалом, отклоняется, но тормозит падение и ограничивает разлет материала, что не позволяет рассыпать его за габариты конвейерной ленты. При перемещении конвейерной ленты ленточного транспортера материал из короба элемента узла транспортирования пересыпного устройства 1, отклоняя шторку 2 на высоту слоя подаваемого материала, перемещается по транспортеру[1].

Короб устройства для транспортирования сыпучих материалов позволяет избежать рассыпания материала как за пределы короба, так и за пределы конвейерной ленты при подаче материала с конвейеров, расположенных на разных уровнях, облегчая тем самым условия труда работников обслуживающих процесс пересыпки.

## 1.2 Характеристика материала

Изделие изготавливается из стали 09Г2С. Сталь 09Г2С конструкционная низколегированная для сварных конструкций. Изделия из стали 09Г2С

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

применяют для производства конструкций различного назначения. Этому способствует прочность, более высокая, чем у углеродистых сталей с хорошей свариваемостью, позволяющая проектировать компоненты конструкции меньшей толщины при той же несущей способности. То есть, там, где толщина материала из обыкновенной стали 5 мм, то из стали легированной, она будет в 1.2-1,5 раза тоньше, и при этом надо помнить, то, что стоимость этих разного класса сталей примерно одинаковая[6, 7]. Вместе с тем эта сталь дешевле на 15 – 20 % широко распространенной стали 10ХСНД. Характеристики стали 09Г2С ГОСТ 19282-73[31] показаны в таблице 1 и 2:

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С в %[2], ГОСТ 19282 – 73[31]

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь	Фосфор	Сера	Астат	Азот
			Не более						
0,9	0,5-0,8	1,3-1,7	0,3	0,3	0,3	0,035	0,04	0,08	0,008

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С[2], ГОСТ 19282 – 73 [31]

Предел текучести, $\sigma_T$ , МПа	Временное сопротивление, $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение, $\delta$ , %	Ударная вязкость, КСЧУ [кДж / м <sup>2</sup> ]
275-345	440-490	21	590-640

Среди характеристик, которыми обладает сталь подобной марки, следует выделить повышенную механическую прочность, стойкость к температурным воздействиям, а также возможность проведения закалки и отпуска.

### 1.3 Свариваемость стали

Свариваемость - это способность металлов и сплавов образовывать с помощью сварки неразъемное соединение с требуемыми технологическими свойствами, без трещин, пор и других дефектов[3],

Критерием хорошей свариваемости является способность сохранения сварным соединением специальных физических, механических свойств -

требуемой прочности, жаростойкости, коррозионной стойкости, вязкости и т.д..Свариваемость различных металлов и сплавов неодинакова.

Согласно данным марочников сталей для стали 09Г2С характерно наличие хорошей свариваемости[2], Это означает, что не требуется дополнительного температурного воздействия на нее температурой. Сварка такой стали не создает проблем, что обеспечивается низким содержанием в ней углерода. Для рассматриваемой стали характеристики свариваемости имеют большое значение, учитывая, что в ее составе содержится небольшое количество углерода и легирующих элементов. Подобная особенность обуславливает то, что эта сталь может применяться для сваривания с использованием любых электродов, которые предназначены для работы с низколегированными металлами. Свариваемость, которая существенно выше в сравнении с другими сталями, позволяет создавать сложные инженерно-технические конструкции эксплуатируемые в судо- и машиностроении, на железнодорожном транспорте, а также в химической промышленности.

Технология и техника сварки ничем не отличаются от тех, которые применяют при работе с другими марками сталей. Конструкции из этой стали не требуют особых условий при охлаждении после сварки и остывая на открытом воздухе не склонна к образованию трещин [3,4,5].

Склонность стали к образованию горячих трещин для данного класса стали рассчитывается по расчетно – статическим показателям по формуле из работы [9]

$$HCS = \frac{C \cdot \left( S + P + \frac{S_i}{25} + \frac{N_i}{100} \right) \cdot 10^3}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V}, \quad (1)$$

где C, S, P, Si, Ni, Mn, Cr, Mo, V – содержание соответствующих химических элементов (в %) в стали 09Г2С по таблице 1.

По формуле 1 определяем:

									Лист
									13
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$HCS = \frac{0,12 \cdot \left( 0,04 + 0,035 + \frac{0,8}{25} + \frac{0,3}{100} \right) \cdot 10^3}{3 \cdot 1,7 + 0,3 + 0 + 0} = 2,4$$

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

Для определения склонности стали к образованию холодных трещин воспользуемся методикой оценки эквивалентного углерода [4, стр. 239]. Если при подсчете эквивалента углерода окажется, что  $C_{\text{э}} < 0,45\%$ , то данная сталь может свариваться без предварительного подогрева; если  $C_{\text{э}} \geq 0,45\%$ , то необходим предварительный подогрев, тем более высокий, чем выше значение  $C_{\text{э}}$ .

При сварке металла относительно небольшой толщины (до 6—8 мм) и сварных узлов небольшой жесткости предельное значение  $C_{\text{э}}$ , при котором нет необходимости в предварительном подогреве, может быть повышено до 0,55% , что является актуальным для нашей конструкции.

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

$$C_{\text{э}} = C_{\text{х}} + C_{\text{р}} \quad (2)$$

$$C_{\text{х}} = C + \text{Mn}/20 + \text{Ni}/15 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/10 \quad (3)$$

где  $C_{\text{х}}$  — химический эквивалент углерода;

$C_{\text{р}}$  — размерный эквивалент углерода;

$C, \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Ni}, \text{Mo}$  – содержание легирующих элементов в %;

$S$ – Толщина свариваемых кромок, мм.

						ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			14

Если в уравнение (2) подставить значение  $C_p$  из формулы (3), то полный эквивалент углерода

$$C_{\Sigma} = C_x \cdot (1 + 0,005 \cdot S) \quad (4)$$

Выполним необходимые расчеты

$$C_x = 0,12 + 1,7/20 + 0,3/15 + (0,3 + 0 + 0)/10 = 0,25\%$$

$$C_{\Sigma} = 0,25 \cdot (1 + 0,005 \cdot 10) = 0,26\%$$

Поскольку значение  $C_{\Sigma}$  меньше чем 0,45%, подогрев не требуется, так же не требуется подогрев конструкции перед сваркой.

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

#### **1.4 Технология сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства**

##### **1.4.1 Обоснование выбора способа сварки**

В базовом варианте для изготовления конструкции использовалась ручная дуговая сварка. Режимы дуговой сварки (РДС) – это комплекс мер, показателей и параметров, которые необходимо поддерживать и соблюдать для правильного осуществления соединения дугой вручную [7]. Режимы ручной дуговой сварки можно определить, как условия нормального функционирования самого процесса соединения деталей при различных обстоятельствах. В зависимости от разных показателей параметров, осуществляется

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

правильный выбор режимов конкретного вида РДС и выбор режима сварки в целом. К недостаткам ручной дуговой сварке относятся:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

Исходя из конструкции элемента узла транспортирования пересыпного устройства, видно, что швы изделия имеют большую протяженность, и поэтому при сварке наиболее целесообразно использовать механизированные и автоматизированные способы сварки. В качестве автоматизированных способов сварки рекомендуются сварка в защитном газе или под слоем флюса. Поскольку конструкция имеет сложную геометрическую форму и конфигурацию сварных швов, использование флюса затруднено, так как будет происходить осыпание флюса по вертикальной поверхности узла, что отразится на качестве сварных швов. Выбираем автоматический способ сварки в среде защитных газов.

Защитные газы являются одним из лучших средств, которые могут уберечь сварочную ванну от влияния внешних факторов. Чтобы условия сварки были максимально приемлемыми, на расплавленный металл не должно ни что воздействовать, кроме электрической дуги и ничего не должно попадать в нее, кроме расплавленного присадочного материала. Сварка в среде защитных газов соответствует заявленным условиям и поэтому активно применяется в промышленности, строительстве, ремонтных цехах и прочих областях.

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

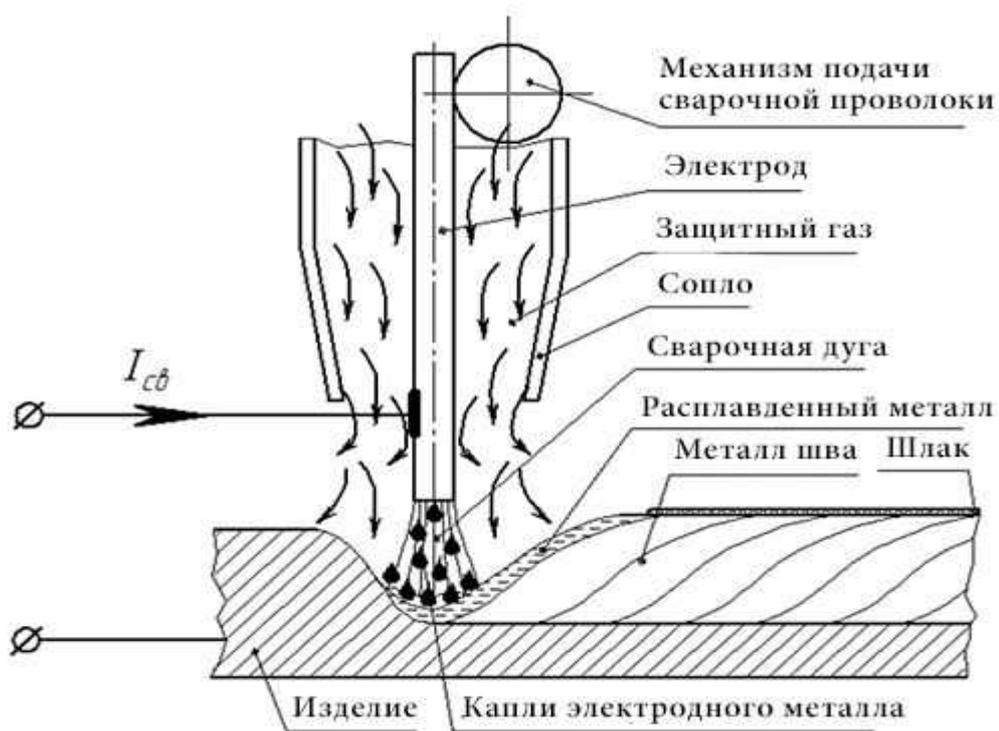


Рисунок 2 Схема сварки в среде защитных газов

Механизированная сварка в среде защитных газов позволяет соединять все типы металлов и сплавов, которые широко применяются в производстве. Это касается и деталей из разнородных металлов и сплавов.

Свою популярность сварка в среде защитных газов получила благодаря своим положительным качествам, среди которых стоит отметить следующие:

- Качество соединения существенно превосходит многие другие способы сварки;
- Распространенные виды защитных газов имеют относительно невысокую стоимость;
- Освоение данного способа сварки специалистами, которые уже обладают опытом работы, не составляет большого труда;
- Соединения можно получать как для малых толщин, так и для деталей большой толщины;
- Сварка в защитных газах характеризуется высоким уровнем производительности;
- Работа с высоколегированными сталями, алюминием, медью и прочими цветными металлами и их сплавами не вызывает затруднений, так

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

как благодаря инверторным источникам питания и газовой защите, многие проблемы, имевшиеся ранее, решены.[7]

### 1.4.2 Выбор сварочных материалов

Оценку свариваемости стали 09Г2С можно дать как хорошую и связано это с тем, что данная сталь не подвержена закаливанию, не склонна к перегреву и устойчива к образованию горячих и холодных трещин в сварном шве и зоне термического влияния.

Защитный газ является немаловажным компонентом, обеспечивающим производительность и достойное качество сварочного процесса. Наименование защитного газа говорит само за себя, он нужен для защиты кристаллизующегося расплавленного сварочного шва от окисления, а также от имеющейся в воздухе влаги и примесей, способных снизить устойчивость шва к коррозионным процессам, привести к возникновению пор или ослабить прочность шва, повлияв на геометрию сварного соединения.

Углекислый газ (CO<sub>2</sub>) (диоксид углерода) является бесцветным не ядовитым газом, растворимым в воде, он тяжелее воздуха. Газ углекислый для сварки не должен иметь минеральных масел, глицерина, сероводорода, соляной, серной и азотной кислоты, спирта, эфиров, аммиака, органических кислот и воды. Из-за редкости сварочной углекислоты 1 сорта для сварки применяется сварочная углекислота 2 сорта и пищевая углекислота. Но, повышенное содержание водяных паров в такой углекислоте при сварке ведет к возникновению пор в швах и снижению пластических свойств сварного соединения. В сварочном процессе может использоваться и твердая двуокись углерода. При сварке низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей применяется так же газовая смесь углекислого газа с кислородом (CO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>). Используют смесь, которая включает 30 об. % кислорода.

Смесь  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  оказывает более интенсивное окисляющее действие на жидкий металл, в отличие от чистого углекислого газа.

Переход на смеси на основе Ar вместо  $\text{CO}_2$  позволяет оптимизировать сварку, в том числе сделать ее более экономичной при использовании режимов сварки с высокой плотностью сварочного тока. Смеси Ar пришли на смену углекислому газу и теперь используются в Европе при работе со сталями. При сварке углеродистых и низколегированных сталей в чистом Ar в шве образуются поры, поэтому используют смеси с добавочными газами — кислородом и/или углекислотой, нормализующие стабильность дуги и улучшающие весь процесс в целом. Добавление к Ar кислорода практически не меняет поведение дуги и положительно влияет на ванну и перенос капель. Также в качестве добавки может выступать гелий, особенно, когда требуется повышенная скорость сварки. Количество добавочного газа зависит от толщин, требуемой скорости и метода сварки: ручной, автоматизированный либо роботизированный.[13]

В представленной работе мы остановим выбор на газе  $\text{CO}_2$ . Этот активный защитный газ в пять раз дешевле, чем смеси Ar+ $\text{CO}_2$  при довольно хорошем обеспечении качества сварных соединений. В литературе, в качестве основных недостатков при сварке сталей в  $\text{CO}_2$  указывают угар легирующих элементов и повышенное разбрызгивание, особенно в определенных диапазонах плотностей сварочного тока. В современных источниках питания потери на разбрызгивание удастся минимизировать за счет управления процессом короткого замыкания при сварке на «короткой» дуге. В инверторных источниках питания фирмы ESAB линейки LAF эта технология реализована и мы будем ее использовать. Для данной конструкции зачистка от брызг не требуется, поскольку они не влияют на эксплуатационные свойства изделия. Угар химических элементов компенсируем за счет использования сварочной проволоки с повышенным содержанием раскислителей – кремния и марганца.

										Лист
										19
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.950 ПЗ					

Выбор сварочных материалов выполняют из условия получения металла шва равнопрочному основному, имеющего свойства (жаростойкость, жаропрочность, коррозионную стойкость и др.) не уступающие основному металлу.[2,6]

Выбираем рекомендованную в литературе сварочную проволоку Св – 08Г2С [2]. Химический состав проволоки Св – 08Г2С по ГОСТ 2246 – 70[28] приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св – 08Г2С, % [28]

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
0,05÷0,11	0,7÷0,95	1,8÷2,1	до 0,20	до 0,25	до 0,025	до 0,03

Марганец вводят в проволоку для повышения прочности шва за счет формирования выраженной кристаллической структуры сварочного соединения. Кремний улучшает механические свойства изделия. В проволоке указанного химического состава выдерживается оптимальное соотношение кремния и марганца (0,83/1,95) [11], которое обеспечивает ряд важных преимуществ ее использования для наплавки и сварки:

- получение высококачественного соединения;
- отличные прочностные показатели шва;
- малая себестоимость изготовления сварочного материала;
- стабильность химического состава.

### 1.4.3 Выбор электродов для сборки

Прихватки выполняются ручной дуговой сваркой. Для ручной дуговой сварки данной стали применяют электроды типа УОНИ 13/55 [11]. Режимы постановки прихваток при сборке изделия:

Принимаем  $dэ = 4$  мм.

Для электродов с основным покрытием минимально допустимое значение плотности сварного тока составляет  $j = 13 \text{ А/мм}^2$  [11].

Расчёт силы сварочного тока:

$$I_{св} = \pi \cdot d_{э}^2 \cdot j / 4 \quad (5)$$

$$I_{св} = 3,14 \cdot 4^2 \cdot 13 / 4 = 163 \text{ А}$$

Примем  $I_{св} = 160 \text{ А}$ .

Расчёт напряжения на дуге:

$$U_{д} = 12 + 0,36 \cdot I_{св} / d_{э} \quad (6)$$

$$U_{д} = 12 + 0,36 \cdot 160 / 4 = 26 \text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = (\alpha_{н} \cdot I_{св}) / (3600 \cdot \rho \cdot F_{пр}) \quad (7)$$

$$V_{св} = (8,5 \cdot 160) / (3600 \cdot 7,85 \cdot 0,5) = 0,1 \text{ см/с} = 3,6 \text{ м/ч}$$

где  $\alpha_{н}$  – коэффициент наплавки, г/Ач;

$\rho$  – плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup> ;

$\alpha_{н} = 9 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ ;

$\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$  ;

Таблица 4- Режимы сварки для прихваток

d <sub>э</sub> , мм	I <sub>св</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , м/ч
4	160	26	3,6

#### 1.4.4 Подготовка сварочных материалов

Все сварочные материалы, поступающие на участок сборки и сварки балок, должны быть упакованы согласно требованиям соответствующих

стандартов и иметь сертификаты завода – изготовителя, удостоверяющие их качество.[6]

#### **1.4.5 Подготовка плавящихся электродов**

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

Неиспользованные в течении 4 часов электроды возвращают в прокаточную печь для повторной прокалики. Прокаливать электроды разрешается не более 3 раз.[6]

#### **1.4.6 Подготовка сварочной проволоки**

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

Проволока, намотанная в кассеты, не должна иметь резких перегибов. Намотку проволоки в кассеты производят с расчетом на сменную норму.[6]

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

### 1.4.7 Режимы сварки [12]

Сначала определяем основные параметры режимы:

•  $d_{э.п}$  - диаметр электродной проволоки, мм. Зависит от толщины металла

и глубины проплавления  $h$ ;

•  $V_c$  - скорость сварки, мм/с;

•  $I_c$  - сварочный ток, А;

•  $U_c$  - напряжение сварочной дуги, В;

•  $l_B$  - вылет электродной проволоки;

•  $V_{э.п}^{(+)}$  - скорость подачи электродной проволоки при сварке на обратной полярности и вылете  $l_B = 10 * d_{э.п}$ , мм/с;

•  $q_{з.г}$  - расход защитного газа  $CO_2$ , л/с или л/мин;

В данной конструкции используют два вида сварного соединения (Рисунок 3, 4), именно для них и будем рассчитывать режимы сварки.

а) Тип сварного соединения С4:

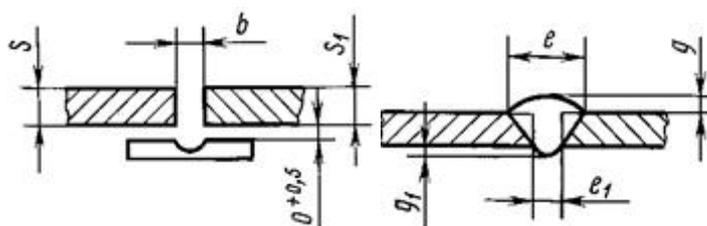


Рисунок 3 - Типы сварного соединения С4 ГОСТ 14771 – 76

Исходные данные:

- $S$  – толщина металла, 6 мм
- $S_1$  – толщина металла, 6 мм
- $b$  – зазор, 2 мм
- $e$  – ширина шва, 9 мм
- $e_1$  – ширина шва, 6 мм
- $q$  – высота шва, 1,5 мм
- $q_1$  – высота шва, 1,5 мм

б) Тип сварного соединения У4:

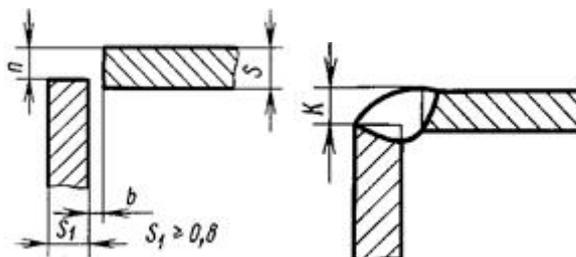


Рисунок 4 – Типы сварного соединения У4 ГОСТ 14771 – 76

Исходные данные:

- S – толщина металла, 6 мм
- b – зазор, 0÷1.5 мм
- q – высота шва, 1 мм
- n – смещение кромок, 0,5S до Sмм
- К-катет шва, 6 мм

Тип и конструктивные элементы шва принимаются в соответствии с ГОСТ 14771-76[32]. По ГОСТ, учитывая толщину металла, вид соединения и условие обеспечения равномерного восприятия швам вертикальной нагрузки выбираем тип сварного соединения С4, У4.

**Рассчитаем площадь наплавленного металла  $F_H$ , мм<sup>2</sup>:**

а) Тип сварного соединения С4 :

$$F_H = S * b + 0,75 * e * g , \text{мм}(8)$$

$$F_H = 6 * 2 + 0.75 * 9 * 1 = 20,4 \text{ мм}^2$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$F_H = S * b + 0,5n^2 + 1,05K, \text{мм}^2 \quad (9)$$

где К-катет шва, мм

$$K=6 \text{ мм};$$

$$F_H=6*1,5+0,5*3^2+1,05*6=19,8 \text{ мм}^2$$

### Рассчитаем глубины проплавления $h_p$ , мм:

а) Тип сварного соединения С4:

Глубина проплавления  $h_p$  зависит от величины зазора  $b$  между кромками, формы подготовки кромок. Для данного типа сварного соединения определим глубину проплавления по формуле:

$$h_p=S-0,5b, \text{ мм} \quad (10)$$

$$h_p=6-0,5*2=5 \text{ мм}$$

б) Тип сварного соединения У4 :

Глубина проплавления  $h_p$  для данного типа сварного соединения, определяется по формуле:

$$h_p=(0,7 \dots 1,1)K, \quad (11)$$

$$K \leq 1,2S$$

$$h_p=(0,7 \dots 1,1)6=4,2 \div 6,6 \text{ мм}$$

Принимаем  $h_p=5,4 \text{ мм}$

### Рассчитаем диаметр электродной проволоки $d_{э.п.}$ , мм:

а) Тип сварного соединения С4:

$$d_{э.п.}=K_d * F_H^{0,625} \quad (12)$$

Коэффициент  $K_d$  выбираем в зависимости от положения шва и способа сварки по уровню автоматизации из таблицы 5.

Таблица 5- Значение коэффициента  $K_d$ , [12]

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

Предельные значения  $d_{ЭП}$  ограничиваются способом сварки по уровню автоматизации и положением шва согласно таблице 8. Полученный расчетным путем  $d_{ЭП}$  округляют до ближайшего стандартного: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4 и в дальнейших расчетах используют стандартное значение  $d_{ЭП}$ .

Таблица 6- Ограничения диаметра электродной проволоки при сварке в  $CO_2$ , [12]

Положение шва	Диаметр электродной проволоки (мм) при сварке	
	механизированной	автоматической
«Лодочка», нижнее	0,8...2	0,8...2,0 (4,0)
Вертикальное	≤1,2...1,4	—
Горизонтальное, потолочное	≤1,2	—

$$d_{э.п}=(0,149\div0,409)*20,4^{0.625}=0,98\div2,69\text{мм}$$

Принимаем  $d_{э.п}=1,2$  мм.

б) Тип сварного соединения У4:

$$d_{э.п}=K_d * F_H^{0.625} \quad (12)$$

$$d_{э.п}=(0,149\div0,409)*19,8^{0.625}=0,96\div2,6 \text{ мм}$$

Принимаем  $d_{э.п}=1,2$  мм.

**Рассчитаем сварочный ток  $I_{св}$ , А:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$I_{св} = \frac{h_p}{K_h} * 100, \text{ A} \quad (14)$$

где  $K_h$ -коэффициент пропорциональности по таблице[7]

$$K_h=2,1$$

$$I_{св} = \frac{5}{2,1} * 100 = 238 \text{ A}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$I_{св} = \frac{h_p}{K_h} * 100, \quad (14)$$

$$I_{св} = \frac{5,4}{2,1} * 100 = 257 \text{ A}$$

**Рассчитаем плотность тока  $j$ , А/мм<sup>2</sup>:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$j = \frac{4 * I_{св}}{\pi * d_{эп}^2} \quad (15)$$

$$j = \frac{4 * 238}{3,14 * 1,2^2} = 220,37 \text{ A/мм}^2$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$j = \frac{4 * 257}{3,14 * 1,2^2} = 227,43 \text{ A/мм}^2$$

**Рассчитаем вылет электродной проволоки  $l_B$ , мм:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$l_B = 10d_{\dot{y}.i} \pm 2d_{\dot{y}.i} \quad (16)$$

										Лист
										27
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$l_B = 10 * 1,2 \pm 2 * 1,2 = 12 \pm 4 \text{ мм}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$l_B = 10 * 1,2 \pm 2 * 1,2 = 20 \pm 4 \text{ мм}$$

**Рассчитаем коэффициент расплавления  $\alpha_p, \text{г/А*ч}$  :**

а) Тип сварного соединения С4:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * I_{\text{св}} * d_{\text{эп}}^{-1,505} \quad (17)$$

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 238 * 0,76 = 19,5 \text{ г/А*ч}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$\alpha_p = 6,8 + 0,0702 * 257 * 0,76 = 20,5 \text{ г/А*ч}$$

**Рассчитаем коэффициент наплавки  $\alpha_n, \text{г/А*ч}$ :**

а) Тип сварного соединения С4:

$$\alpha_n = \alpha_p (100 - \varphi_{\text{пр}}) / 100 \quad (18)$$

где  $\varphi$  – коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. Присварке в среде защитных газов  $\varphi = 0,1 \div 0,15$

$$\varphi_{\text{пр}} = 19,5(100 - 0,1) / 100 = 19,48 \text{ г/А*ч}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$\varphi_{\text{пр}} = 20,5(100 - 0,1) / 100 = 20,48 \text{ г/А*ч}$$

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

**Рассчитаем скорость сварки  $V_{св}$ , см/с:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$V_{св} = \alpha_{гн} * I_{св} / 3600 * \rho * F_{гн} \quad (19)$$

$$V_{св} = 19,48 * 238 / 3600 * 7,85 * 0,204 = 0,8 \text{ см/с} = 28,8 \text{ м/ч}$$

где  $\alpha_{гн}$  – коэффициент наплавки, /А·ч;

$\rho$  – плотность основного металла,  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$

б) Тип сварного соединения У4:

$$V_{св} = 20,48 * 257 / 3600 * 7,85 * 0,198 = 0,94 \text{ см/с} = 33,84 \text{ м/ч}$$

**Рассчитаем напряжение на сварочной дуге  $U_{д}$ , В:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$U_{д} = 14 + 0,05 * I_{св} \quad (20)$$

$$U_{д} = 14 + 0,05 * 238 = 26 \text{ В}$$

б) тип сварного соединения У4:

$$U_{д} = 14 + 0,05 * I_{св} \quad (20)$$

$$U_{д} = 14 + 0,05 * 257 = 27 \text{ В}$$

**Скорость подачи электродной проволоки  $V_{эп}$  сварке на обратной полярности и вылете  $l_{эп} = 10 \cdot d_{эп}$ :**

а) Тип сварного соединения С4:

$$V_{эп}^{(+)} = 0,53 \frac{I_{св}}{d_{эп}^2} + 6,94 * 10^{-4} \frac{I_{св}^2}{d_{эп}^3} \quad (21)$$

$$V_{\text{ЭП}}^{(+)} = 0,53 * \frac{238}{1,2^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{238^2}{1,2^3} = 110,33 \text{ мм/с} = 397,188 \text{ м/ч}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$V_{\text{ЭП}}^{(+)} = 0,53 * \frac{257}{1,2^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{257^2}{1,2^3} = 121,12 \text{ мм/с} = 436,036 \text{ м/ч}$$

**Рассчитаем расход защитного газа  $q_{\text{зг}}$ , л/мин:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * I_{\text{СВ}}^{0,75} \quad (22)$$

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * 238^{0,75} = 0,2 * 60,59 = 12,13 \text{ л/мин}$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$q_{\text{зг}} = 0,2 * 257^{0,75} = 0,2 * 64,2 = 12,84 \text{ л/мин}$$

**Рассчитаем погонную энергию  $q_{\text{п}}$ , Дж/см:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$q_{\text{п}} = I_{\text{СВ}} * U_{\text{д}} * \eta / V_{\text{СВ}} \quad (23)$$

$$q_{\text{п}} = 238 * 26 * 0,7 / 0,8 = 5414,5 \text{ Дж/см}$$

где  $\eta$  - эффективный КПД нагрева изделия дугой,

$$\eta = 0,7$$

б) Тип сврного соединения У4:

$$q_{\text{п}} = 257 * 27 * 0,7 / 0,94 = 5167,34 \text{ Дж/см}$$

**Рассчитаем коэффициент формы проплавления  $\Psi_{пр}$ :**

а) Тип сварного соединения С4:

$$\Psi_{пр} = K' * (19 - 0,01 * I_{св}) * \frac{d_{эп} + U_d}{I_{св}} (24)$$

$$\Psi_{пр} = 0,92 * (19 - 0,01 * 238) * \frac{1,2 * 26}{238} = 1,99$$

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

$$K' = 0,92.$$

б) Тип сварного соединения У4:

$$\Psi_{пр} = K' * (19 - 0,01 * I_{св}) * \frac{d_{эп} + U_d}{I_{св}} (24)$$

$$\Psi_{пр} = 0,92 * (19 - 0,01 * 257) * \frac{1,2 * 27}{257} = 1,96$$

**Рассчитаем глубину проплавления  $h$ , мм:**

а) Тип сварного соединения С4:

$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}} (25)$$

$$h = 0,081 * \sqrt{\frac{5414,5}{1,99}} = 4,2 \text{ мм},$$

Фактическая глубина проплавления не соответствует заданной. Методом обратного расчета определим скорость сварки, при которой возможно получить заданное проплавление при  $V_{св} = 24 \text{ м/ч}$

б) тип сварного соединения У4:

$$h=0,081 * \sqrt{\frac{5167,34}{1,96}}=4,2 \text{ мм},$$

Фактическая глубина проплавления не соответствует заданной. Методом обратного расчета определим скорость сварки, при которой возможно получить заданное проплавление при  $V_{cb} = 28 \text{ м/ч}$ .

Таблица 7 – Параметры режима автоматической сварки в  $\text{CO}_2$  элемента узла транспортирования пересыпного устройства, сварного соединения С2ГОСТ 14771 – 76

$F_H, \text{мм}^2$	$d_{\text{эп}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$l_{\text{эп}}, \text{мм}$	$q_{\text{зг}}, \text{л/мин}$
20,4	1,2	28,8 24	238	26	$12 \pm 4$	12,13

Таблица 8– Параметры режима автоматической сварки в  $\text{CO}_2$  элемента узла транспортирования пересыпного устройства, сварного соединения У4 ГОСТ 14771-76

$F_H, \text{мм}^2$	$d_{\text{эп}}, \text{мм}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$I_{\text{св}}, \text{А}$	$U_{\text{д}}, \text{В}$	$l_{\text{эп}}, \text{мм}$	$q_{\text{зг}}, \text{л/мин}$
19,8	1,2	33,84 28	257	27	$12 \pm 4$	12,84

### 1.5 Выбор основного оборудования для сварки

1) Сварочная головка для автоматической MIG/MAG-сварки A2 S GMAW MiniMaster - компактная версия сварочной головки для сварки под флюсом A2 S MiniMaster, но предназначенной для сварки МИГ/МАГ.

- сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ при тяжелых условиях работы.

- эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки, но и ее корпус.

- все необходимые подводки находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги.

Таблица 9 – Технические характеристики A2 S GMAW MiniMaster [14]

Наименование	МИГ/МАГ одной проволокой
Макс. ток при ПВ 100%, А (смесь газов, Ar)	600
Макс. ток при ПВ 100%, А (CO <sub>2</sub> )	650
Диаметр электродной проволоки, мм	1,0-2,4
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	2-25



Рисунок 5 - Сварочная головка для автоматической MIG/MAG-сварки A2 S GMAW MiniMaster

A2 S GMAW MiniMaster – компактная версия сварочной головки для сварки под флюсом A2 S MiniMaster, но предназначенной для сварки МИГ/МАГ. Сварочная головка укомплектована горелкой MTW 600, специально сконструированной для автоматической сварки МИГ/МАГ.

Эффективное жидкостное «вихревое» охлаждение охлаждает не только контактное устройство головки но и ее корпус. Все необходимые подводы находятся в верхней части горелки, что предохраняет их от воздействия тепла и радиации сварочной дуги.

2) Источник питания LAF 631.

Трехфазные тиристорные источники серии LAF(ЛАФ) с принудительным воздушным охлаждением предназначены для высокопроизводительных

механизированных способов сварки: под слоем флюса или плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG)(Рисунок - б).



Рисунок б- Источник постоянного сварочного тока ESAB LAF 631

Источники предназначены для совместной работы с головами производства компании ESAB A2, A6 совместно с блоками управления сваркой РЕК(ПЕК) или РЕІ(ПЕИ) (только с А2).

Источники серии LAF обладают отличными сварочными характеристиками во всем диапазоне регулировок тока и напряжения, что особенно важно при поджиге дуги или её повторном возбуждении. Источники демонстрируют хорошую стабильность дуги как на высоких, так на низких токах.

При необходимости получить большой сварочный ток, источники можно подключить параллельно используя дополнительный блок. [15]

Источники не имеют свою собственную панель управления сварочными параметрами, поэтому для управления необходимо использовать сварочные головы с полностью цифровыми блоками управления сваркой РЕК - контроллер с максимальными возможностями управления или РЕІ - с базовыми функциями для менее требовательных областей применения.

Таблица 10- Технические характеристики LAF 631[14]

LAF 631	Характеристика
1	2
Питающее напряжение, В 3ф 50 Гц	400
Потребляемый ток, А при ПВ 100%	52
Сечение питающего кабеля мм <sup>2</sup>	4x16
Плавкий предохранитель, А	63
Максимальный ток/напряжение, А/В:	
При ПВ 100%	630/44
При ПВ 80%	-
При ПВ 60%	800/44
Диапазон регулирования при MIG/MAG, А/В	50/17-630/44
Диапазон регулирования под флюсом, А/В	30/21-800/44
Напряжение ХХ, В	54
Мощность ХХ, Вт	150
КПД	0,84
Коэффициент мощности	0,90
Класс пыли/влаго защиты	IP23
Габариты ДхШхВ, мм	670x490x930
Масса, кг	260
Класс электробезопасности	S
Рекомендуемое сечение сварочного кабеля, мм.	1x120

Источники линейки LAF реализуют ряд специальных технологий сварки: сварка короткой дугой, сварка по гарантированному зазору и т.п. Современные технологии обмена данными играют важную роль в построении автоматизированных комплексов. Поэтому источники LAF последнего поколения имеют возможность обмена данными с использованием большинства стандартных протоколов, таких как TCP / IP (LAN), Anybus, Profibus, CAN

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

или даже прямая связь с контроллером ЧПУ. В зависимости от типа используемого протокола связи могут потребоваться дополнительные модули.

### 3) Сварочная колонна ESAB CaB 300S

Прочность и стабильность конструкции и легко адаптируемое интегрированное электронное обеспечение обуславливает универсальность конструкции. Существуют три варианта основания Сварочной колонны: стальная плита, бетонная плита, ходовая часть на рельсовой основе. Консоль (стрела) колонны приводится в движение при помощи шестерни, а имеющийся тахометр обеспечивает её стабильное и равномерное движение. На верху колонны находящийся двигатель и подъёмная цепь - прочны и надёжны. Устройство снабжено защитным механизмом, который в случае аварии или поломки немедленно блокирует движение консоли (стрелы).

Преимущества:

- модульная конструкция на основе стандартных компонентов обеспечивает сборку по индивидуальному заказу;
- широкий выбор доступных компонентов, интегрируемых в индивидуальное решение: разнообразные сварочные головки для процессов SAW сварки, а также процессов GMAW и GTAW сварки;
- широкий модельный ряд сварочных источников: выпрямители, преобразователи и инверторы;
- сварочный процесс управляется системами ESAB PEK или PLC;
- системы ESAB для подачи защитного газа, подачи и уборки флюса ESAB;
- системы отслеживания и камеры;
- стационарные или подвижные каретки, перемещающиеся по рельсам;
- система колонны со стрелой со стандартным рабочим охватом от 3х3 до 5х5 метров;
- сварка одиночной или двойной проволокой с помощью сварочных головок A2 или A6;

•30 кг катушки для проволоки.

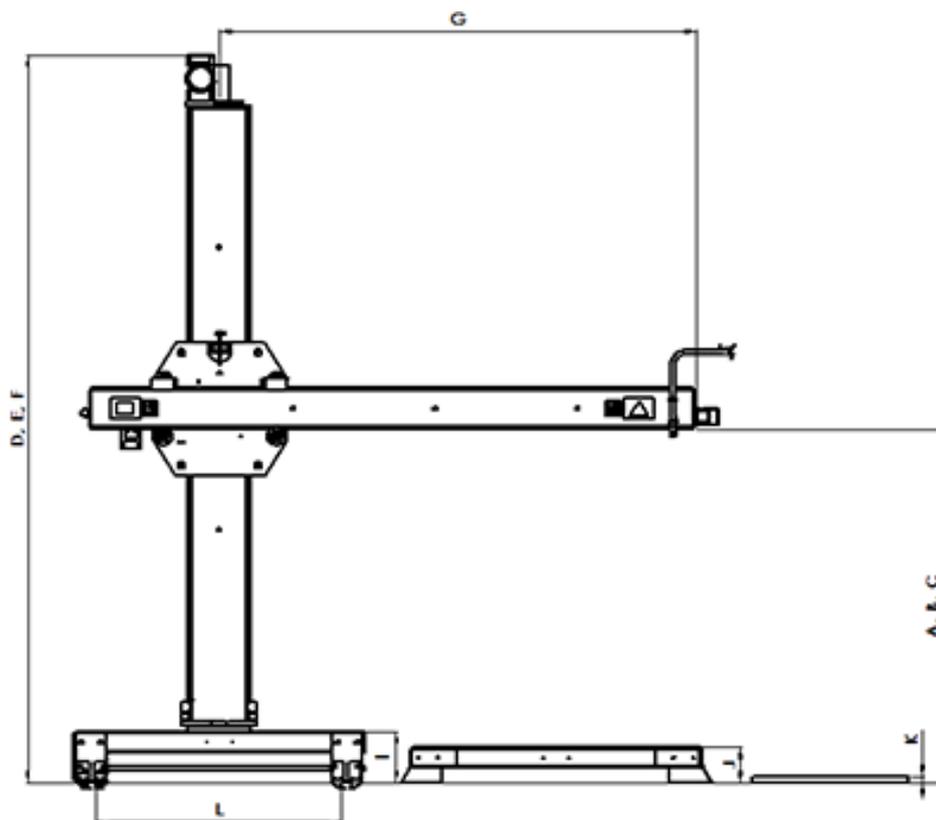


Рисунок 6- Сварочная колонна ESAB CaB 300S

Таблица 11- Технические характеристики сварочной колонны ESAB CaB 300S [14]

Сварочная колонна CaB 300S	Параметры		
	3	4	5
Эффективный рабочий диапазон, м			
Максимальная высота консоли А, мм с использованием рельсового перемещения, min мм	4070 930	5070 930	6070 930
Максимальная высота консоли В, мм с использованием бетонного стенда, min мм	3955 815	4955 815	5955 815
Максимальная высота консоли С, мм с использованием стальной площадки, min мм	3750 610	4750 610	5750 610

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

ДП 44.03.04.950 ПЗ

Лист

37

Таблица 12- Технические данные: сварочная консоль [14]

<b>Сварочная консоль CaB 300S</b>	<b>Параметры</b>		
Вылет G, max мм min мм	3580 540	4580 540	5580 540
Допустимая нагрузка: общая, max кг на конце, max кг	300 240	220 150	150 785
Диаметр поперечного сечения H, мм	325	325	325
Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0	0,1-2,0	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0	2,0	2,0

Таблица 13- Технические данные: направляющие рельсы [14]

<b>Направляющие рельсы CaB 300S</b>	<b>Параметры</b>
Ширина колеи L по внутренним сторонам, мм	1730
Ширина x длина, мм	2060x2330
Высота I, мм	365
Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0
Общий вес, кг	1670

Таблица 14- Технические данные: бетонногооснавания [14]

<b>Бетонное основание CaB 300S</b>	<b>Параметры</b>
Ширина x длина, мм	2060x2100
Высота I, мм	250
Общий вес, кг	1550

Таблица 15- Технические данные:металлическая плита [14]

<b>Металлическая плита CaB 300S</b>	<b>Параметры</b>
Ширина x длина, мм	1100x1100
Высота I, мм	40
Общий вес, кг	350

4) Поворотно наклонный стол R 2,0X1,5 Поворотно наклонный сборочно-сварочный стол (Сварочный вращатель стандартного типа) с гидравлическим приводами вращения и гидравлическим наклоном и подъемом план-шайбы. [16] Плавная регулировка скорость вращения. Плавно регули-

руемое расположение заготовки гарантирует идеальные эргономические и рабочие положения.(Рисунок 7)

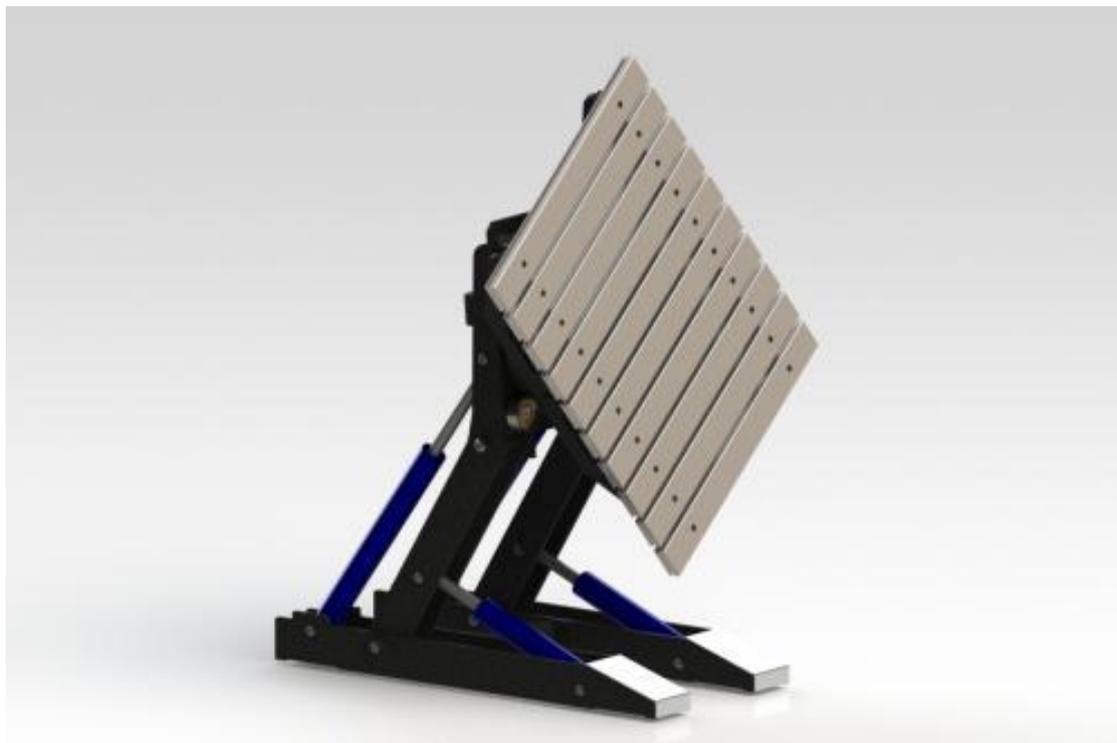


Рисунок 7 – Повортонаклонный стол R 2,0X1,5

Передняя панель вращателя (дублируются на дистанционном пульте управления):

- переключатель направления вращения(вперед/стоп/назад);
- потенциометр скорости вращения.

Управление положением план-шайбы:

- наклон план-шайбы(вверх/стоп/вниз);
- подъем план-шайбы (вверх/вниз).

Вращатель поставляется с ручным блоком дистанционного управления или педалью дистанционного управления. Встроенный блок контроля скорости вращения.

Таблица 16- Технические характеристики: поворто наклонный стол R 2,0X1,5 R[14]

Грузоподъёмность, кг	1500
Момент вращения, Н-м	500
Момент наклона, Н-м	1000
Длина станины, мм	2000
Ширина станины, мм	3000
Размер план-шайбы, мм	2000x1500
Высота план-шайбы, мм	600-1100
Угол наклона, $\alpha^0$	90
Напряжение питания, В/ Гц	3~400/50
Потребляемая мощность, кВт	2

### 1.6 Контроль качества [17]

Контроль необходим для предупреждения появления дефектов в швах, а также для определения качества готовых изделий. Контроль производится перед сваркой, в процессе ее и после сварки изделия или узла. Перед сваркой проверяют качество исходных материалов, правильность выбора сварочного оборудования, газовых и электрических приборов – эту стадию называют предварительным контролем. При сварке проверяют правильность выполнения отдельных операций соблюдение режимов сварки и соблюдение заданного порядка наложения швов. Систематически проверяют исправность оборудования – эту стадию называют операционным контролем в процессе сварки. По сварки проверяют качество швов готового изделия – эту операцию называют окончательным. Основные критерии, которые должны быть приняты во внимание при назначении контроля:

- категория ответственности соединений или изделий;
- недопустимость дефектов, рассчитываемая на основе анализов прочности и надежности соединений;
- допустимый уровень дефектов, назначаемый исходя из эксплуатационных и технологических условий группы ответственности изделия;
- чувствительность метода контроля;

-производительность контроля;

-стоимость контроля.

В конкретном случае изготовления конструкции, можно применить визуальный, магнитный и ультразвуковой контроли.

Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых волн проникать в металл на большую глубину и отражаться от находящихся в нем дефектных участков. В процессе контроля пучок ультразвуковых колебаний от вибрирующей пластинки-щупа (пьезокристалла) вводится в контролируемый шов. При встрече с дефектным участком ультразвуковая волна отражается от него и улавливается другой пластинкой-щупом, которая преобразует ультразвуковые колебания в электрический сигнал.

Эти колебания после их усиления подаются на экран электронно-лучевой трубки дефектоскопа, которые свидетельствуют о наличии дефектов. По характеру импульсов судят о протяженности дефектов и глубине их залегания. Ультразвуковой контроль можно проводить при одностороннем доступе к сварному шву без снятия усиления и предварительной обработки поверхности шва.

Ультразвуковой контроль имеет следующие преимущества: высокая чувствительность (1 - 2%), позволяющая обнаруживать, измерять и определять местонахождение дефектов площадью 1 - 2 мм<sup>2</sup>; большая проникающая способность ультразвуковых волн, позволяющая контролировать детали большой толщины; возможность контроля сварных соединений с односторонним подходом; высокая производительность и отсутствие громоздкого оборудования. Существенным недостатком ультразвукового контроля является сложность установления вида дефекта. Этот метод применяют и как основной вид контроля, и как предварительный с последующим просвечиванием сварных соединений рентгеновским или гамма-излучением.

Для данной конструкции используем дефектоскоп УД2-102 "Пеленг". Этот дефектоскоп используют для контроля сплошности сварных соединений труб, котлов и других металлоконструкций. Прибор позволяет:

- работать в опасных условиях и в труднодоступных местах, на высоте и в при низких температурах (взрывозащищенное исполнение, рабочая температура до  $-30^{\circ}\text{C}$ , масса со встроенными аккумуляторами 2 кг);

- снизить вероятность пропуска дефектов (шестиступенная ручная регулировка ВРЧ, В-развертка, режим одновременного выравнивания чувствительности);

- повысить производительность и облегчить работу оператора (создание до 100 настроек: режим индикации распространения ультразвуковых колебаний в контролируемом изделии);

- документировать результаты контроля (протокол В-развертки и протокол А-развертки.)

Прибор позволяет выявлять внутренние дефекты в широкой номенклатуре изделий из металла, пластмасс и др. материалов со скоростью распространения ультразвуковых колебаний 300-9999 м/с. С помощью дефектоскопа возможно определение уровня различных жидкостей в емкостях. Для удобства пользователей в дефектоскопе есть таблица скоростей распространения ультразвуковых колебаний для большого количества твердых материалов и жидких сред. При этом автоматически выбирается значение скорости для определенного типа волны. Также у оператора имеется возможность коррекции предлагаемого дефектоскопом значения.

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
						42
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 8 – Дефектоскоп УД2-102ВД

### 1.7 Технологическая карта сварки-сборки

Таблица 16 – Технологическая карта сварки-сборки [16, 18]

№ п/п	Наименование операции	Режим операции	Оборудование и инструменты
1	2	3	4
1	Транспортировка	Доставка металла со складов в цех	Кран-балкаопорная Г/ПЗ. Грузоподъёмность 3,2 тонн. Потребляемая мощность 1.9-2.8 кВт.
2	Резка	Резка листов металла на заготовки заданных размеров.	Машина для плазменной и газовой резки Versagraph
3	Правка	Правка заготовок	Листопрямляющая машина UBR 10 x 2000 244 ZO. Потребляемая мощность 50 кВт.
4	Гибка	Гибка заготовительных листов	Вертикально-гибочный пресс MetalMaster HPJ 2580K с ЧПУ
5	Зачистка	Зачистка металла	Дробеметная установка 24581M. Потребляемая мощность 70 кВт.
6	Сборка	Сборка на прихватке на специализированном сварочном столе. Сварка производится ручной дуговой сваркой. Режим сварки: $U_d=26$ В, $I_{св}=163$ А, $V_{св}=3.6$ м/ч.	Поворотный наклонный стол R 2,0X1,5 R 2,0X1,5. Электроды марки УОНИ 13/55. Сварочный аппарат ESAB Renegade ES 300i.

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

ДП 44.03.04.950 ПЗ

Лист

43

## окончание таблицы 16

1	2	3	4
7	Сварка	Автоматическая сварка в среде защитных газов(CO <sub>2</sub> ). Режимы сварки: а)Сварное соединение С8: $d_{эп}=2\text{мм}$ ; $V_{св}=16,92\text{ м/ч}$ ; $I_{св}=420\text{ А}$ ; $U_{д}=35\text{ В}$ ; $I_{эп}=20\pm 4\text{ мм}$ ; $q_{зг}=18,55\text{ л/мин}$ . б)Сварное соединени У4: $d_{эп}=2\text{мм}$ ; $V_{св}=23,76\text{ м/ч}$ ; $I_{св}=450\text{ А}$ ; $U_{д}=37\text{ В}$ ; $I_{эп}=20\pm 4\text{ мм}$ ; $q_{зг}=19,54\text{ л/мин}$ .	Источник постоянного сварочного тока ESAB LAF 631. Сварочная головка для автоматической MIG/MAG-сварки <b>A2 S GMAW MiniMaster</b> . Сварочная колонна ESAB CaB 300S. Повортонаклонный стол R 2,0X1,5 R 2,0X1,5
8	Зачистка	После сварки необходимо выполнить тщательную очистку сварных швов от шлака и брызг.	Угловаяшлифмашина Metabo WEV 15-150 Quick 600472000
9	Контавание	Переварачиваем деталь	Электрическая таль Inforce TRH1000 04-04-09. Потребляемая мощность 1,8 кВт.
10	Сварка	Автоматическая сварка в среде защитных газов(CO <sub>2</sub> ). Режимы сварки: а)Сварное соединение С8: $d_{эп}=2\text{мм}$ ; $V_{св}=16,92\text{ м/ч}$ ; $I_{св}=420\text{ А}$ ; $U_{д}=35\text{ В}$ ; $I_{эп}=20\pm 4\text{ мм}$ ; $q_{зг}=18,55\text{ л/мин}$ . б)Сварное соединени У4: $d_{эп}=2\text{мм}$ ; $V_{св}=23,76\text{ м/ч}$ ; $I_{св}=450\text{ А}$ ; $U_{д}=37\text{ В}$ ; $I_{эп}=20\pm 4\text{ мм}$ ; $q_{зг}=19,54\text{ л/мин}$ .	Источник постоянного сварочного тока ESAB LAF 631. Сварочная головка для автоматической MIG/MAG-сварки <b>A2 S GMAW MiniMaster</b> . Сварочная колонна ESAB CaB 300S. Повортонаклонный стол R 2,0X1,5 R 2,0X1,5
11	Зачистка	После сварки необходимо выполнить тщательную очистку сварных швов от шлака и брызг.	Угловаяшлифмашина Metabo WEV 15-150 Quick 600472000.
12	Контроль качества	Контроль качества заключается в проверке соответствия показателей качества продукции установленным требованиям. 1) внешний осмотр сварных швов на наличие наружных дефектов (подрезов, кратеров и т.д.); а так же нарушений геометрической формы 2) проведение ультразвукового метода контроля на наличие внутренних дефектов	Дефектоскоп УД2-102ВД

## 2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован процесс сборки и сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства, изготавливаемого из стали 09Г2С с применением автоматической сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой сварочным аппаратом ESABRenegadeES 300i..

Проектируемая технология предполагает замену ручной дуговой сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства на автоматическую сварку в среде защитных газов CO<sub>2</sub>.

### 2.1 Расчет полной себестоимости изготовления изделия

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

$$T_{шт-к} = t_{осн} + t_{нз} + t_в + t_{обс} + t_n \quad (26)$$

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.;

$t_{обс}$  – 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:

$$t_{осн} = \frac{L_{шв}}{V_{св}} \quad (27)$$

где  $L_{шв}$  – сумма длин всех швов,  $\Sigma L_{шв} = 10,332$  м (базовый вариант)

$V_{св}$  – средняя скорость сварки, м/ч,  $V_{св} = 3,6$  м/ч

$L_{шв}$  – сумма длин всех швов, м  $\Sigma L_{шв} = 10,332$  м (проектируемый вариант)

$V_{св}$  – средняя скорость сварки, м/ч,  $V_{св} = 20$  м/ч

Определяем основное время по формуле (27):

$$t_{осн} = \frac{10,332}{3,6} = 2,87 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{10,332}{20} = 0,52 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

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[21]. Примем:

$$t_{нз} = 10\% \text{ от } t_{осн} \quad (28)$$

$$t_{нз} = \frac{2,87 \cdot 10}{100} = 0,287 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{нз} = \frac{0,52 \cdot 10}{100} = 0,052 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Вспомогательное время ( $t_в$ ) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой  $t_э$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ ,

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

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

$$t_{в} = t_{э} + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (29)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволокой. [21] Это время можно принять равным:

$$t_{э} = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч}$$

Время зачистки кромок или шва  $t_{кр}$  вычисляем по формуле:

$$t_{кр} = L_{шв}(0,6+1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (30)$$

где  $n_c$  – количество слоев при сварке в несколько проходов;

$L_{шв}$  – длина швов, м,  $L_{шв} = 10,332$  м

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле (30) для обоих вариантов он будет одинаковым.

$$t_{кр} = 10,332 \cdot (0,6+1,2) = 18,6 \text{ мин.} = 0,31 \text{ ч.}$$

Сварка в базовом и проектируемом варианте производится в один проход. Время на очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$  рассчитываем по формуле (31) для обоих вариантов:

$$t_{бр} = L_{шв}(0,6+1,2 \cdot (n_c - 1)) \quad (31)$$

$$t_{бр} = 10,332 \cdot (0,6+1,2) = 18,6 \text{ мин.} = 0,31 \text{ ч.}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 ч. на 1 знак,  $t_{кл} = 0,09$ ч.

Время на установку, поворот и снятие изделия ( $t_{узм}$ ) зависит от его массы, данные указаны в таблице 17.

Таблица 17 – Норма времени на установку, поворот и снятие изделия в зависимости от его массы[21]

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	1,03	3,00	4,30	6,00	5,20	6,30	8,40

$$t_{узм} = 0,14 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитаем значение  $t_e$  по формуле (29) для обоих вариантов оно одинаково.

$$t_e = 0,083 + 0,31 + 0,31 + 0,14 + 0,09 = 0,93 \text{ ч.}$$

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

$$t_{обс} = (0,06 \dots 0,08)t_{осн} \tag{32}$$

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) по формуле (32):

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 2,87 = 2 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 0,52 = 0,04 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

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

$$t_n = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (33)$$

Рассчитываем  $t_n$  по формуле (33)

$$t_n = 0,07 \cdot 2,87 = 2 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$t_n = 0,07 \cdot 0,52 = 0,04 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Таким образом, расчет общего времени  $T_{шт-к}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (26)

$$T_{шт-к} = 2,87 + 0,287 + 0,93 + 2 + 2 = 8,08 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{шт-к} = 0,52 + 0,052 + 0,93 + 0,04 + 0,04 = 1,58 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Определяем общую трудоемкость годовой производственной программы  $T_{произв. пр.}$  сварных конструкций по операциям тех процесса по формуле (34):

$$T_{произв. пр} = T_{шт-к} \cdot N \quad (34)$$

где  $N$  – годовая программа, шт., в нашем случае  $N = 1000$  шт.

										Лист
										49
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.950 ПЗ					

$$T_{\text{произв. пр}} = 8,08 \cdot 1000 = 8080 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

$$T_{\text{произв. пр}} = 1,58 \cdot 1000 = 1580 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса  $C_p$ , по формуле (35):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_n} \quad (35)$$

где  $\Phi_{\text{д}}$  – действительный фонд времени работы оборудования, час. ( $\Phi_{\text{д}} = 1914$  час.);

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

$$C_p = \frac{8080}{1914 \cdot 1,2} \cdot 100 = 3,51; \text{ примем } C_n = 4 \text{ шт; (базовый вариант)}$$

$$C_p = \frac{1580}{1914 \cdot 1,2} \cdot 100 = 0,68; \text{ примем } C_n = 1 \text{ шт; (проектируемый вариант)}$$

Принятое количество оборудования  $C_n$  определяем путем округления расчетного 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 4 сварочные установки. По проектируемой технологии достаточно одной установки для автоматической сварки в среде защитного газа.

Расчет коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  производим по формуле (3.10):

$$K_3 = \frac{C_p}{C_n} \quad (3.10)$$

$$K_3 = \frac{3,51}{2} = 1,75 \text{ (базовый вариант)}$$

$$K_3 = \frac{0,63}{1} = 0,63 \text{ (проектируемый вариант)}$$

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы 18.

Таблица 18 – Исходные данные[23]

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Годовая производственная программа выпуска	шт.	1000	1000
Сварочный аппарат ESABRenegadeES 300i.	руб./шт.	90000	
Сварочная колонна ESAB CaB 300S.	руб./шт.		1000000
Сварочная головка для автоматической MIG/MAG-сварки A2 S GMAW MiniMaster.	руб./шт.		280000
Источник постоянного сварочного тока ESAB LAF 631	руб./шт.		436764
09Г2С	руб./т.	48290	48290
Сварочная проволока Св-08Г2С, Ø 1,2 мм	руб./кг.		100
Электроды сварочные типа УОНИ 13/55	руб./кг	150	
Защитный газ (СО <sub>2</sub> )	руб./л.		0,05
Расход защитного газа	л/мин.		19,54
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-ч.	3,8	3,8
Длина сварных швов	м.	10,332	10,332
Положение швов		нижнее	нижнее
Условия выполнения работ		стационарные	стационарные
Квалификационный разряд электро-сварщика	разряд.	4	5
Тарифная ставка	руб.	110	130
Масса конструкции	т.	0,3	0,3

Рассчитываем балансовую стоимость оборудования по технологии изготовления металлоконструкции по формуле (36):

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{мз}), \text{ руб.} \quad (36)$$

где  $C_{обj}$  – цена приобретения  $j$ -ого оборудования, руб.;

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

Базовый вариант

$$K_{обj} = 90000 \cdot (1 + 0,12) = 100800 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант

$$K_{обj} = 1000000 \cdot (1 + 0,12) = 1120000 \text{ руб.}$$

$$K_{обj} = 280000 \cdot (1 + 0,12) = 314000 \text{ руб.}$$

$$K_{обj} = 436764 \cdot (1 + 0,12) = 490000 \text{ руб}$$

Определяем капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ по формуле (37):

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{nj} \cdot K_{зj} \quad (37)$$

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

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

$K_{зj}$  – коэффициент загрузки  $j$ -ого оборудования,  $K_{зj} = 1$ .

$$K_{об} = 100800 \cdot 4 = 403200 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$K_{об} = 1924000 \cdot 1 = 1920000 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости производим по формуле (38):

$$C_m = MЗ + З_э + З_{пр} \quad (38)$$

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

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

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

Расчет материальных затрат.

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

Материальные затраты ( $MЗ$ , руб.) рассчитываются по формуле (39):

$$MЗ = C_{ом} + C_{эн} + C_{др} \quad (39)$$

где  $C_{ом}$  – 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, руб.

Стоимость основных материалов ( $C_{ом}$ , руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (40):

$$C_{ом} = [C_{км} + C_{св.пр.} + (C_{зг} + C_{св.фл.})] \cdot K_{тр} \quad (40)$$

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

Стоимость конструкционного материала ( $C_{км}$ , руб.)

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 09Г2С.

$$C_{км} = m_k \cdot Ц_{км} \quad (41)$$

где  $m_k$  – масса конструкции, т.;

$Ц_{км}$  – цена одной тонны конструкционного материала, руб.

$$C_{км} = 0,3 \cdot 48290 = 14487 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электродную проволоку Св-08Г2С производим по формуле (42):

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \Psi \cdot Ц_{сн} \cdot K_{тр} \text{руб} \quad (42)$$

где  $M_{нм}$  – масса наплавленного металла, кг.  $M_{нм} = 4.03$  кг.;

$\Psi$  – коэффициент разбрызгивания электродного металла (сварка в среде  $CO_2$  характеризуется разбрызгиванием электродного металла, для данного вида сварки = 1,15-1,20);

$Ц_{сн}$  – оптовая цена одного кг. сварочной проволоки, руб.;

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

Производим расчеты  $C_{св.пр}$  на изготовление одной металлоконструкции по формуле (42):

$$C_{св.пр} = 4,03 \cdot 1,15 \cdot 100 \cdot 1,05 = 486,60 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (43):

$$C_{др} = t_{осн} \cdot q_{зг} \cdot k_p \cdot Ц_{зг(фл)} \cdot K_m \quad (43)$$

где  $t_{осн}$  – время сварки в расчете на одно металлоизделие, мин.;

$q_{зг}$  – расход защитного газа, л/мин.;

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

$Ц_{зг}$  – цена газа за один литр, руб.;

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

$$C_{оп} = 2,87 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 23,60 \cdot 1,05 = 860,53 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{оп} = 0,52 \cdot 19 \cdot 1,1 \cdot 23,60 \cdot 1,05 = 284,84 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на электроэнергию проводим по формуле (44):

$$З_э = a_э \cdot W \cdot Ц_э, \text{ руб.} \quad (44)$$

где  $a_э$  – удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт ч/кг.;

$W$  – расход электроэнергии, кВт ч.;

$Ц_э$  – цена за 1 кВт/ч.

Для укрупненных расчетов величину  $a_э$  можно принимать равной:

- при сварке на переменном токе, 3...4 кВт ч/кг;
- при многопостовой сварке на постоянном токе, 6...8 кВт ч/кг;
- при автоматической сварке на постоянном токе 5...8 кВт ч/кг;
- под слоем флюса, 3...4 кВт ч/кг.

$$З_э = 6 \cdot 31,5 \cdot 3,8 = 718 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$З_э = 5 \cdot 43,5 \cdot 3,8 = 826 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет стоимости основных материалов в расчете на одно металлоизделие по формуле (40):

$$C_{om} = (14487+486+860,63) \cdot 1,06 = 15834,69 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{om} = (14487+486+884,84) \cdot 1,06 = 16809,31 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Материальные расходы ( $MЗ$ ) на основные материалы на одно изделие рассчитываются по формуле (39):

$$MЗ = 15834,69 + 486 + 860,63 = 17181,32 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$MЗ = 16809,31 + 486 + 884,84 = 18180,15 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет численности производственных рабочих. Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $Ч_{op}$  определяется для каждой операции по формуле (45):

$$Ч_{op} = \frac{T_{произв.пр.}}{\Phi_{op} \cdot K_с} \quad (45)$$

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

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

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

$$Ч_{op} = \frac{8080}{1870 \cdot 1,2} = 3,6 \text{ примем } Ч_{op} = 4 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{op} = \frac{1580}{1870 \cdot 1,2} = 0,7 \text{ примем } Ч_{op} = 1 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работают 8 сварщиков, по проектируемой 5 сварщиков.

Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды.

Расчет основной и дополнительной зарплаты производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т. е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда ( $Z_{np}$ ) рассчитываются по формуле (46):

$$Z_{np} = ЗП_o + ЗП_\partial \quad (46)$$

где  $ЗП_o$  – основная заработная плата, руб.;

$ЗП_\partial$  – дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ( $ЗП_o$ ) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (47):

$$ЗП_o = P_{cd} \cdot K_{np} \cdot K_\partial \cdot K_{cc} + D_{вр} \quad (47)$$

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

$K_{np}$  – коэффициент премирования,  $K_{np} = 1,5$ ;

$K_\partial$  – коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы,  $K_\partial = 1,2$ ;

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

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

Суммарная сдельная расценка за единицу изделия ( $P_{cd}$ ) определяется по формуле (48):

$$P_{сд} = \frac{T_{см} \cdot T_{шт-к}}{60} \quad (48)$$

где  $T_{см}$  – тарифная ставка сварщика, руб/ч.;

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

$$P_{сд} = \frac{110 \cdot 484,8}{60} = 888,8 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{сд} = \frac{130 \cdot 94,8}{60} = 221,2 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Доплата за вредные условия труда ( $D_{вр}$ ) рассчитывается по формуле (49):

$$D_{вр} = \frac{T_{см} \cdot T_{вр} \cdot (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (49)$$

где  $T_{см}$  – тарифная ставка, руб.;

$T_{вр}$  – время работы во вредных условиях труда, мин.  $T_{вр} = T_{шт-к}$ .

$$D_{вр} = \frac{110 \cdot 484,8 \cdot 0,1}{100 \cdot 60} = 8,8 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$D_{вр} = \frac{130 \cdot 94,8 \cdot 0,1}{100 \cdot 60} = 2,212 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Рассчитаем  $ЗП_о$  по формуле (3.22)

$$ЗП_о = 888,8 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 8,8 = 2088,6 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$ЗП_о = 221,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 2,2 = 519,80 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих ( $ЗП_о$ ) отражает выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное в

производстве время (оплата отпускных, компенсаций, оплата льготных часов подросткам, кормящим матерям) рассчитывается по формуле (50):

$$ЗП_{\partial} = K_{\partial} \cdot ЗП_{o} \cdot K_{cc} \quad (50)$$

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

$K_{\partial}$  – коэффициент дополнительной заработной платы,  $K_{\partial} = 1,13$ ;

$K_{cc}$  – коэффициент учитывающий отчисления на социальные взносы,  $K_{cc} = 1,3$ .

$$ЗП_{\partial} = 1,13 \cdot 2088,6 \cdot 1,3 = 3068,15 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$ЗП_{\partial} = 1,13 \cdot 519,8 \cdot 1,3 = 763,58 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Рассчитаем  $З_{np}$  по формуле (46)

$$З_{np} = 2088,6 + 3068,15 = 5156,75 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$З_{np} = 519,80 + 763,58 = 1283,38 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости  $C_m$  изготовления годового объема выпуска металлоконструкций в таблицу 19.

Таблица 19 – Технологическая себестоимость 1000 изделий[22]

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Затраты на основные материалы, $C_{om}$ , руб.	15834690	16809310
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{en}$ , руб.	718000	826000
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $З_{np}$ , руб.	5156750	1283380

окончание таблицы 19

1	2	3
Технологическая себестоимость годового выпуска, $C_m$ , руб.	21709440	18918690

Перед расчетом полной себестоимости изготовления металлоконструкции рассчитывается технологическая, а затем производственная себестоимость изготовления одной металлоконструкции.

Производственная себестоимость ( $C_{np}$ , руб.) включает затраты на производство продукции, обслуживание и управление производством, расчет  $C_{np}$  производим по формуле (51):

$$C_{np} = C_m + P_{np} + P_{хоз} \quad (51)$$

где  $C_m$  – технологическая себестоимость, руб.;

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

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

Общепроизводственные расходы  $P_{np}$  определяются по формуле (52):

$$P_{np} = C_a + C_p + P_{np}^* \quad (52)$$

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

$C_p$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб.;

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

Затраты на амортизацию оборудования  $C_a$  рассчитываем по формуле (53):

$$C_a = \frac{K_{об} \cdot H_a \cdot n_o \cdot T_{шт-к}}{100 \cdot \Phi_\delta \cdot K_\epsilon} \cdot K_o \quad (53)$$

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

$H_a$  – норма годовых амортизационных отчислений, %  $H_a = 14,7\%$ ;

$\Phi_\delta$  – действительный эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч.  $\Phi_\delta = 1914$  ч.;

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

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

$n_o$  – количество оборудования, шт.;

$K_\epsilon$  – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени,  $K_\epsilon = 1,1$ .

$$C_a = \frac{100800 \cdot 14,7 \cdot 4 \cdot 8,08}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 204,72 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_a = \frac{1924000 \cdot 14,7 \cdot 1 \cdot 1,58}{100 \cdot 1914 \cdot 1,1} \cdot 0,9 = 191,03 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Затраты на ремонт и обслуживание оборудования  $C_p$  рассчитываем по формуле (54):

$$C_p = \frac{K_{об} \cdot D}{100} \quad (54)$$

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

$D$  – принимается равным 3%.

$$C_p = \frac{100800 \cdot 3}{100} = 38707 \text{ руб./на производственную программу или } 3,02$$

руб. в расчете на одно металлоизделие (базовый вариант)

$C_p = \frac{1924000 \cdot 3}{100} = 57720$  руб./на производственную программу или 57,72 руб. в расчете на одно металлоизделие (проектируемый вариант)

Расходы на содержание производственных помещений  $P_{np}^*$  рассчитывается по формуле (55):

$$P_{np}^* = \frac{\%P_{np} \cdot 3\Pi_o}{100} \quad (56)$$

где  $3\Pi_o$  – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{np}$  – процент общепроизводственных расходов на содержание производственных помещений и прочих цеховых расходов,  $\%P_{np} = 10$ .

$$P_{np}^* = \frac{10 \cdot 2088,6}{100} = 208,86 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{np}^* = \frac{10 \cdot 519,8}{100} = 51,98 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Общепроизводственные расходы  $P_{np}$  определяются по формуле (52):

$$P_{np} = 204,72 + 3,02 + 208,86 = 416,6 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{np} = 191,03 + 57,72 + 51,98 = 300,73 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ( $P_{хоз}$ , руб.) включаются: расходы на оплату труда, связанные с управлением предприятия в целом, командировочные; канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы; амортизация; расходы на ремонт и эксплуатацию основных средств, отопление, освещение, водоснабжение заводоуправления, на охрану, сигнализацию, содержание легкового автотранспорта, обязательное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Эти расходы рассчитываются в процентах от основной заработной платы производственных рабочих по формуле (57):

$$P_{хоз} = \frac{\%P_{хоз} \cdot ЗП_о}{100} \quad (57)$$

где  $ЗП_о$  – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;  
 $\%P_{хоз}$  – процент общехозяйственных расходов, %.  $\%P_{хоз} = 25$ .

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 2088,6}{100} = 522,15 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$P_{хоз} = \frac{25 \cdot 519,8}{100} = 129,95 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Производственная себестоимость выпуска металлоконструкции  $C_{np}$  рассчитывается по формуле (51)

$$C_{np} = 21709,44 + 416,6 + 522,15 = 22648,19 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{np} = 18918,69 + 300,73 + 129,95 = 19349,37 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $P_k$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары, упаковки, погрузку продукции и доставку ее к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расхода рассчитываются по формуле (58):

$$P_k = \frac{\%P_k \cdot C_{np}}{100} \quad (58)$$

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

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 22648,19}{100} = 22,65 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$P_k = \frac{0,1 \cdot 19349,37}{100} = 19,35 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Полная себестоимость выпуска металлоконструкции  $C_n$  включает затраты на производство  $C_{np}$  и коммерческие расходы  $P_k$  рассчитывается по формуле (59):

$$C_n = C_{np} + P_k \quad (59)$$

$$C_n = 22648,19 + 22,65 = 22670,84 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_n = 19349,37 + 19,35 = 19368,72 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

## 2.2 Расчет показателей сравнительной эффективности

Таблица 20 – Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам[23]

Наименование статей калькуляции	Базовый вариант, руб	Проектируемый вариант, руб	Отклонения, руб
Объем годового выпуска, $N$ , шт	1000	1000	
1. Материальные затраты, $MЗ$	17181320	18180150	+998830
2. Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, $Z_{np}$	5156750	1283380	-3873370
3. Технологическая себестоимость, $C_m$	21709440	18918690	-2790750
4. Общепроизводственные расходы, $P_{np}$	416600	300730	-115870
5. Общехозяйственные расходы, $P_{хоз}$	522150	129950	-392200
6. Производственная себестоимость, $C_{np}$	22648190	19349370	-3338820

окончание таблицы 20

1	2	3	4
7. Коммерческие расходы, $P_k$	22650	19350	-3300
8. Полная себестоимость, $C_n$	22670840	19368720	-3302120

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим как случай проектирования конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону. Сравним базовый вариант с общим результатом расчетов.

Годовой выпуск продукции составляет 1000 шт.

Годовая экономия (-) или превышение (+) по технологической себестоимости,  $\Delta C$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta C = C_{m1} - C_{m2} \quad (60)$$

где  $C_{m1}, C_{m2}$  – технологическая себестоимость годового объема выпуска по сравниваемым вариантам (1- базовый вариант; 2- проектируемый), руб.

$$\Delta C = 21709440 - 18918690 = 2790750 \text{ руб.}$$

Стоимость изготовления по базовому варианту дороже чем по проектируемому варианту.

Прибыль от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам, ( $\Pi$ ), руб. рассчитываем по формуле (61):

$$\Pi = B - C_n \quad (61)$$

где  $B$  – выручка от реализации продукции, руб.;

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$C_n$  – полная себестоимость, руб.

Рассчитаем отпускную цену металлоизделия по формуле (62):

$$Ц = C_n \cdot K_p \quad (62)$$

где  $C_n$  – полная себестоимость металлоизделия, руб/шт.;

$K_p$  – среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

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 – 1,2; в проектируемом варианте – 1,5.

$$Ц_1 = 22670,84 \cdot 1,2 = 27205 \text{ руб.}$$

$$Ц_2 = 19368,72 \cdot 1,5 = 29053 \text{ руб.}$$

Растет выручки от реализации годового объема металлоизделий, ( $B$ ) по формуле (63):

$$B = Ц \cdot N \quad (63)$$

где  $Ц$  – отпускная цена металлоизделия, руб.;

$N$  – годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

$$B_1 = 27205 \cdot 1000 = 27205000 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 29053 \cdot 1000 = 29053000 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.35) по базовому и проектируемому варианту равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий.

$$П_1 = 27205000 - 22670840 = 4534160 \text{ руб.}$$

$$П_2 = 29053000 - 19368720 = 9684280 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли  $\Delta П$  в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле (64):

$$\Delta П = П_2 - П_1 \quad (64)$$

$$\Delta П = 9684280 - 4534160 = 5150120 \text{ руб.}$$

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций,  $N_{кр}$ ) проводим по формуле (65):

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}} \quad (65)$$

где  $C_{пост}$  – постоянные затраты (полная себестоимость годовой производственной программы выпуска металлоизделий,  $C_n$ , за вычетом технологической себестоимости в расчете на годовую программу выпуска,  $C_m$ );

$Ц$  – отпускная стоимость металлоконструкции, руб./изделие;

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

Постоянные затраты  $C_{пост}$  рассчитываем по формуле (66):

$$C_{пост} = C_n - C_m \quad (66)$$

$$C_{пост1} = 22670840 - 21709440 = 961400 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$C_{ном2} = 19368720 - 18918690 = 450030 \text{ руб.}$$

Критического объема выпуска металлоконструкций,  $N_{кр}$  определяем по формуле (67)

$$N_{кр1} = \frac{961400}{27205 - 22648,19} = 211 \text{ шт.} \quad (67)$$

$$N_{кр2} = \frac{450030}{29053 - 19349,37} = 46 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции,  $R$  проводим по формуле (68):

$$R = \frac{\Pi}{C_n} \cdot 100 \quad (68)$$

где  $\Pi$  – прибыль от реализации металлоизделия, руб.;

$C_n$  – полная себестоимость изготовления металлоизделия, руб.

$$R_1 = \frac{4534,16}{22670,84} \cdot 100 = 20\%$$

$$R_2 = \frac{9684,28}{19368,72} \cdot 100 = 50\%$$

Расчет производительности труда  $\Pi_{тр}$  (выработки в расчете на 1 производственного рабочего, руб./чел.) производим по формуле (69):

$$\Pi_{тр} = \frac{B}{Ч_{ор}} \quad (69)$$

где  $B$  – выручка от реализации годового объема металлоизделий, руб.;

$Ч_{ор}$  – численность производственных рабочих, чел.

$$P_{mp1} = \frac{27205000}{4} = 6801250 \text{ руб/чел}$$

$$P_{mp2} = \frac{29053000}{1} = 29053000 \text{ руб/чел}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений,  $T_o$  производится по формуле (69):

$$T_o = \frac{\Delta K_o}{\Delta\Pi} \quad (70)$$

где  $\Delta K_o$  – дополнительные капиталовложения, руб.;

$\Delta\Pi$  – изменение (прирост, уменьшение) прибыли в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым, руб.

$$T_o = \frac{1641400}{1516800} = 1,1 \text{ год.}$$

Результаты расчетов показателей экономической эффективности сформируем в таблицу 21.

Таблица 21 – Результирующие показатели экономической эффективности[23]

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+,-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	Годовой выпуск продукции, $N$	шт.	1000	1000	
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, $B$	руб.	27205000	29053000	+1848000
3	Капитальные вложения, $K_{об}$	руб.	403200	1920000	+1516800
4	Технологическая себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, $C_m$	руб.	21709440	18918690	-2790750
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, $C_n$	руб.	22670840	19368720	-3302120

окончание таблицы 21

1	2	3	4	5	6
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, $P$	руб.	4534160	9684280	+5150120
7	Численность производственных рабочих, $Ч_{ор}$	чел.	4	1	-3
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего), $P_{пр}$	руб./чел.	6801250	29053000	+32433825
9	Рентабельность продукции, $R$	%	20	50	-30
10	Точка безубыточности (критический объем выпуска металлоизделий), $N_{кр}$	шт.	211	46	-165
11	Срок окупаемости капитальных вложений, $T_o$	лет.		1,1	

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки металлоизделия эффективен, прежде всего, в сфере эксплуатации за счет повышения долговечности сварных соединений конструкции металлоизделия.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена лишь 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 3 человека.

### 3 Методическая часть

В технологической части дипломного проекта разработана технология для сварки элемента узла транспортирования пересыпного устройства. В процессе разработки предложена замена ручной электродуговой сварки на автоматическую электродуговую сварку в среде защитных газов. Для осуществления данного технологического процесса разработана технология, предложена замена сварочного оборудования на более современное. Реализация разработанной технологии предполагает подготовку рабочих, которые могут осуществлять эксплуатацию, наладку, обслуживание и ремонт предложенного оборудования.

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

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

*Профессиональные стандарты применяются:*

– работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении та-

рифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;
- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования.

### 3.1 Сравнительный анализ Профессиональных стандартов

В данном случае рассмотрим следующие профессиональные стандарты:

1. Профессиональный стандарт «Сварщик» (код 40.002, рег. № 14, приказ Минтруда России № 701н от 28.11.2013 г., зарегистрирован в Министерстве юстиции России 13.02.2014г., рег. № 31301)

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

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

В таблице 3.1 приведены выписки из Профессиональных стандартов, характеризующие трудовые функции рабочих профессий: «Сварщик ручной дуговой сварки» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением».

Таблица 22 – Функциональные характеристики рабочих профессий «Сварщик частично механизированной сварки плавлением» (4-го разряда) и «Оператор автоматической сварки плавлением»

<i>Характеристики</i>	Сварщик ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом (4 - 5-й разряд)	Оператор автоматической сварки плавлением
1	2	3
<i>Трудовая функция</i>	Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом (РД) сложных и ответственных конструкций (оборудования, изделий, узлов, трубопроводов, деталей) из различных материалов (сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов), предназначенных для работы под давлением, под статическими, динамическими и вибрационными нагрузками	Выполнение полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов
Трудовые действия:	<p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования для РД, настройка сварочного оборудования для РД с учетом особенностей его специализированных функций (возможностей);</p> <p>Выполнение РД сложных и ответственных конструкций с применением специализированных функций (возможностей) сварочного оборудования;</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента сваренных РД сложных и ответственных конструкций на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке;</p> <p>Исправление дефектов РД сваркой.</p>	<p>Изучение производственного задания, конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Подготовка рабочего места и средств индивидуальной защиты. Подготовка сварочных и свариваемых материалов к сварке.</p> <p>Проверка работоспособности и исправности сварочного оборудования.</p> <p>Сборка конструкции под сварку с применением сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p> <p>Контроль с применением измерительного инструмента подготовленной под сварку конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации.</p> <p>Выполнение полностью механизированной или автоматической сварки плавлением.</p> <p>Извлечение сварной конструкции из сборочных приспособлений и технологической оснастки.</p>

Продолжение таблицы 22

1	2	3
		<p>Контроль с применением измерительного инструмента сварной конструкции на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправление дефектов сварных соединений, обнаруженных в результате контроля. Контроль исправления дефектов сварных соединений.</p>
<p>Необходимые умения:</p>	<p>Проверять работоспособность и исправность сварочного оборудования для РД, настраивать сварочное оборудование для РД с учетом его специализированных функций (возможностей); Владеть техникой РД сложных и ответственных конструкций во всех пространственных положениях сварного шва. Владеть техникой дуговой резки металла; Контролировать с применением измерительного инструмента сваренные РД сложные и ответственные конструкции на соответствие геометрических размеров требованиям конструкторской и производственно-технологической документации по сварке; Исправлять дефекты РД сваркой.</p>	<p>Определять работоспособность, исправность сварочного оборудования для полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и осуществлять его подготовку. Применять сборочные приспособления для сборки элементов конструкции (изделий, узлов, деталей) под сварку. Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов. Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения. Применять измерительный инструмент для контроля собранных и сваренных конструкций (изделий, узлов, деталей) на соответствие требованиям конструкторской и производственно-технологической документации. Исправлять выявленные дефекты сварных соединений</p>

Продолжение таблицы 22

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



– Пользоваться техникой полностью механизированной и автоматической сварки плавлением металлических материалов.

Контролировать процесс полностью механизированной и автоматической сварки плавлением и работу сварочного оборудования для своевременной корректировки режимов в случае отклонений параметров процесса сварки, отклонений в работе оборудования или при неудовлетворительном качестве сварного соединения.

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

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

В соответствии с рекомендациями Института развития профессионального образования учебный план для переподготовки рабочих предусматривает наименование и последовательность изучения предметов, распределение времени на теоретическое и практическое обучение, консультации и квалификационный экзамен. Теоретическое обучение при переподготовке рабочих содержит экономический, общеотраслевой и специальный курсы. Соотношение учебного времени на теоретическое и практическое обучение при переподготовке определяется в зависимости от характера и сложности осваиваемой профессии, сроков и специфики профессионального обучения рабочих. Количество часов на консультации определяется на местах в зависимости от необходимости этой работы. Время на квалификационный экзамен предусматривается для проведения устного опроса и выделяется из расчета до 15 минут на одного обучаемого. Время на квалификационную пробную работу выделяется за счет практического обучения.

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Исходя из сравнительного анализа квалификационных характеристик и рекомендаций Института развития профессионального образования, разработан учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», который представлен в таблице 6.2. Продолжительность обучения 1 месяц.

Таблица 23 - Учебный план переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением» 5-го квалификационного разряда

Номер раздела	Наименование разделов тем	Количество часов всего
1.	ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ	56
1.1	Основы экономики отрасли	2
1.2	Материаловедение	6
1.3	Основы электротехника	4
1.4	Чтение чертежей	2
1.5	Спецтехнология	42
2.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ	120
2.1	Упражнения по автоматической сварке и наплавке несложных деталей на учебно-производственном участке	32
2.2	Работа на предприятии	78
	Консультации	4
	Квалификационный экзамен	6
	ИТОГО	176

Реализация разработанного учебного плана осуществляется отделом технического обучения предприятия.

### 3.3 Разработка учебной программы предмета «Спецтехнология»

Основной задачей теоретического обучения является формирование у обучаемых системы знаний об основах современной техники и 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 план переподготовки и учета требований работодателей.

Таблица 24 – Тематический план предмета «Спецтехнология»

№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов
1	Источники питания для автоматической сварки плавлением	4
2	Режим автоматической сварки плавлением	6
3	Оборудование для автоматической сварки плавлением	13
3.1	Установки для автоматической сварки	6
3.2	Типовые конструкции автоматических сварочных головок	4
3.3	Средства автоматизации сварочного производства	2
3.4	Механическое оборудование для сборки и сварки	4
4	Технология автоматической сварки	8
4.1	Особенности автоматической сварки	4
4.2	Сварочные материалы для автоматической сварки в защитных газах	4
5	Контроль качества сварных швов	4
6	Техника безопасности при работе на автоматических сварочных установках	4
	Итого:	42

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

### 3.4 Разработка плана урока

Тема урока «Средства автоматизации сварочного производства»

Цели занятия:

*Обучающая:* Формирование знаний о малой автоматизации оборудования сварочного производства.

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

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

Тип урока: Урок новых знаний.

Методы обучения: Словесный, наглядный, объяснительно-иллюстративный.

### Дидактическое обеспечение занятия:

– плакат: «Виды сварочных подвесных автоматических головок».

– Учебники: Виноградов В.С. Электрическая дуговая сварка: учебник для нач. проф. образования.- 5-е изд. стер. -М.: Издательский центр «Академия» 2012. -320с.; Овчинников В.В. Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугуна во всех пространственных положениях: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- М.:Издательский центр «Академия» 2014. -304с.

– Каталог оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://a-svarka.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 10.06.2018г.).

Таблица 25 - План-конспект урока

Планы занятия, затраты времени	Содержание учебного материала	Методическая деятельность
1	2	3
Организационный момент 5 минут	Здравствуйте, прошу вас садиться, приготовьте тетради и авторучки.	Приветствую обучающихся, проверяю явку и готовность к занятию.
Подготовка обучающихся к изучению нового материала 5 минут	Тема раздела сегодняшнего занятия «Оборудование для автоматической сварки плавлением» Тема урока: «Средства автоматизации сварочного производства» Цель нашего занятия: Формирование знаний о малой автоматизации оборудования сварочного производства.	Сообщаю тему раздела и занятия, объясняю значимость изучения темы. Мотивирую на продуктивность работы на занятии. Озвучиваю цель урока.
Актуализация опорных знаний 10 минут	Для того что бы приступить к изучению нового материала повторим ранее пройденный материал по вопросам: 1. Чем отличается аппарат для механизированной сварки от аппарата для автоматической сварки? 2. Давайте разберем основные особенности автоматической сварки в защитных газах? 3. Какие достоинства имеет автоматическая сварка в среде защитных газов по сравнению со сваркой под флюсом?	Предлагаю ответить на вопросы по желанию, если нет желающих, опрашиваю выборочно.

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

ДП 44.03.04.950 ПЗ

Лист

80

Продолжение таблицы 25

1	2	3
<p>Изложение нового материала 30 минут</p>	<p>Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом осуществляют зажигание дуги, подачу электродной проволоки, флюса или защитного газа в зону дуги, управление процессом сварки в рабочем режиме, перемещение сварочного аппарата и окончание процесса сварки. Автоматы конструктивно выполнены с учетом быстрого реагирования на колебания напряжения питающей электрической сети, изменение скорости подачи электродной проволоки и т. п.</p> <p>Автоматы для дуговой сварки плавящимся электродом классифицируют по следующим признакам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Способу защиты зоны дуги (автоматы для сварки: Ф - под флюсом, Г - в защитных газах, ФГ - в защитных газах и под флюсом);</li> <li>• Роду применяемого сварочного тока (для сварки постоянным, переменным, переменным и постоянным током);</li> <li>• Способу охлаждения (с естественным охлаждением токопроводящей части сварочной головки и сопла, с принудительным охлаждением — водяным или газовым);</li> <li>• Способу регулирования скорости подачи электродной проволоки (с плавным регулированием, с плавно-ступенчатым, со ступенчатым);</li> <li>• Способу регулирования скорости сварки (с плавным, плавно-ступенчатым и ступенчатым регулированием);</li> <li>• Способу подачи электродной проволоки (с независимой и с зависимой от напряжения на дуге подачей);</li> <li>• Конструктивному выполнению (сварочные тракторы, самоходные и подвесные сварочные головки, установки для механизированной сварки).</li> </ul> <p>В состав сварочной установки, станка (стана) входят: сварочный аппарат, источник питания, аппаратура управления и регулирования процесса сварки, механизмы (устройства) для крепления и передвижения в заданном направлении сварочных аппаратов, для установки, крепления, перемещения и изменения ориентации свариваемого изделия, а также вспомогательное оборудование.</p> <p><b>Сварочная каретка</b> — это устройство с приводом перемещения, на котором устанавливается <b>сварочная</b> горелка. Данное оборудование движется по траектории сварного стыка.</p> <p>Сварочная каретка представляет собой механическое устройство для механизации процесса сварки в среде защитных газов.</p>	<p>Прошу обучаемых записать определение, что называют сварочным автоматом и его назначение.</p> <p>Рассказываю об автоматической сварке.</p> <p>Записываем основные моменты. Прерываю свою речь, потом повторяю.</p>

Продолжение таблицы 25

1	2	3
	<p>Главным преимуществом сварочной каретки является ее мобильность, малые размеры (в отличие от автоматических тракторов), возможность устанавливать амплитуду колебательных движений гусака (если это нужно), так же каретка может перемещаться во всех пространственных положениях с помощью дополнительных направляющих и магнитных колес.</p> <p>Сварочная каретка состоит из блока управления, который представляет собой металлическую коробочку, в которой находится электронная «начинка», на лицевой части коробочки есть дисплей, который показывает скорость движения каретки, сварочный ток, напряжение, вид колебательного движения, также на лицевой панели есть тумблеры включения режима непрерывной и прерывистой сварки, кнопка пуск, переключение направления движения.</p> <div data-bbox="598 929 890 1388" data-label="Image"> </div> <p>Плакат –Сварочная каретка</p> <p>У каретки есть основа, на которой закреплены магнитные колеса и мотор которым каретка приводится в движение, так же есть ручка, с помощью которой каретку можно удобно переносить в руках.</p> <p>Так как она легкая и ее можно быстро перенести и перенастроить для другого изделия и сварочного соединения, это незаменимое приспособления для механизированной сварки на производстве, которое стремится к высокой производительности и качеству своих изделий. Магнитными колесами оснащены каретки всех видов и моделей, от самых простых, для непрерывистых горизонтальных швов, без блока колебательных движений гусака до самых продвинутых кареток, которые способны производить как прерывистые, так и не прерывистые сварные швы в</p>	<p>Обращаю внимание обучаемых на плакат.</p> <p>Обучаемые внимательно рассматривают сварочную каретку на плакате.</p> <p>Рассказываю и показываю сварочную каретку, при этом использую плакат.</p>

Продолжение таблицы 25

1	2	3
	<p>любых пространственных положениях, в комплект которых входит блок колебательного движения гусака. Нужно заметить, что со всеми каретками используются только прямые гусаки, так разработано крепление гусака на каретке, так как при изогнутом гусаке во время колебательных движений или при перемещении каретки вдоль сварного шва может быть нарушено направление сварки. Сварочная горелка должна быть совместима с кареткой так как она подключается специальными разъемами, чтобы блок управления кареткой, мог считывать информацию от источника питания и корректировать показания сварочного тока во время сварки, а так же скорость подачи проволоки и напряжение на сварочной дуге.</p> <p><b>Порядок работы сварочной каретки следующий:</b> включают сварочный инвертор и блок управления кареткой; прежде всего, нужно проверить правильность подключения сварочной горелки к инвертору и к каретке, убедившись, что все разъемы подключены правильно, после чего, установив горелку в каретку, включить деморежим, чтобы убедиться в совместимости каретки и сварочной горелки. Адаптация происходит автоматически с помощью блока управления кареткой, тем самым убеждаемся, что все подключено правильно. Затем настраиваем нужный режим сварки на инверторном аппарате, настраиваем вылет проволоки, визуально производим осмотр сварного соединения (если на изделии есть брызги металла от прихваток или грязь удаляем их), устанавливаем сварочную каретку с закрепленной в ней горелкой на сварное соединение, убеждаемся что техника безопасности соблюдена, после чего запускаем каретку, нажимая на кнопку пуск.</p> <p>Таким образом, мы познакомились со сварочной кареткой, ее устройством и принципом действия, посмотрели правила ее настройки и работы. Если есть вопросы, прошу их задавать.</p>	<p>По ходу объяснения прошу записать составляющие сварочной каретки. Диктую объяснение составных частей. Обращаю внимание на скорость конспектирования. Прерываю свою речь, потом повторяю.</p> <p>Объясняю работу сварочной каретки. Показываю ролик о работе сварочной каретки.</p> <p>Наблюдаю, успевают ли обучаемые конспектировать.</p>

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### Окончание таблицы 25

1	2	3
Первичное закрепление знаний 5 минут	Для закрепления знаний, давайте ответит на пару вопросов по пройденной теме: 1. Какие операции возможно автоматизировать при дуговой сварке? 2. Какие составные части представлены в сварочной каретке? 3. Каков порядок подготовки сварочной каретки к работе?	Опрашиваю выборочно.
Выдача домашнего задания 3-5 минут	Теперь запишем домашнее задание, повторить конспект, записанный на уроке. Если возникнут вопросы обратится к Овчинников В.В. Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугуна во всех пространственных положениях (с.238. параграф 6.4)	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 «Оператор автоматической сварки плавлением»;
- составили учебный план для профессиональной переподготовки 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 переподготовки рабочих по профессии «Оператор автоматической сварки плавлением», ее содержание способствует решению основной задачи профессионального образования – подготовки высококвалифицированных, конкурентоспособных кадров рабочих профессий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта на основании проведенного анализа конструкции изделия, его материалов был выбран способ сварки, разработан технологический процесс, выполнены расчеты режимов сварки и подобраны сварочные материалы и оборудование для изготовления элемента узла транспортирования пересыпного устройства.

Для сборки и сварки изделия была разработана установка для автоматизированной сборки и сварки.

Методическая часть дипломного проекта раскрывает научно-обоснованную целенаправленную учебно-методическую работу преподавателя, которая обеспечивает единство планирования, организации и контроля качества усвоения нового содержания обучения в системе начального профессионального образования. Содержание технологической части дипломного проекта явилось основой для методического раздела.

Внедрение новой технологии позволит повысить качество готовой продукции, увеличить производительность, а также улучшить условия труда.

Расчетная прибыль от внедрения новой технологии изготовления элемента узла транспортирования пересыпного устройства составил 5150120 руб., срок окупаемости – 1,1 года. Цели дипломного проектирования достигнуты.

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс] - Электрон.дан. - Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.06.2018).

2 Марочник сталей и сплавов [Текст]: справочник / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. / под ред. В.Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. – 640с.

3 Сварка и свариваемые материалы: справ.издание: в 3-х т. Т.1 Свариваемость материалов [Текст]/ под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Metallurgia, 1991. – 528 с.

4 Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов [Текст] / СМ. Гуревич. – Киев: Наукова думка, 1981. – 608 с.

5 Верховенко, Л.В. Справочник сварщика [Текст] / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин : 2-е изд.. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 480 с.

6 Сварочные материалы для дуговой сварки [Текст] В 2-х т./ Под.ред. Н. Н. Потапова и Б. П. Конищева. – М.: Машиностроение, 1989.

Т.1. – 544с.

Т.2. – 768с.

7 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением для студентов вузов [Текст] / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. – 432с.

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

9 Сварка строительных металлических конструкций [Текст] : учеб. для вузов / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов, Д.М. Чернавский и др.— М.: Стройиздат, 1993 - 345с.

10 Быковский, О.Г. Справочник сварщика : справочник [Электронный ресурс] / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, Пешков В.С. – М.: Машинострое-

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
						86
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ние, 2011. – 336с. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 04.05.2018)

11Справочник сварщика [Текст] / под ред. В. В. Степанова : изд. 3-е. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

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

13Криогенсервис - Урал[Электронный ресурс] - Электрон.дан. – Режим доступа: <http://WWW.argon35.ru/technical-gases/газовыесмеси.>–Загл. с экрана.

14 ESAB-оборудование для сварки и резки[Электронный ресурс].- Электрон. Дан. – Режим доступа://[www.esab.deltasvar.ru/](http://www.esab.deltasvar.ru/)(Дата обращения 14.06.2018)

15Милютин, В.С. Источники питания для сварки. Учеб. Пособие.ч.І. [Текст] / В.С. Милютин, Н.М. Иванова. - Екатеринбург: Урал. Гос. Проф. – пед. Ун – т, 1995. – 234 с.

16 Справочник по сварочному оборудованию [Текст] /Л.Ц. Прох, Б.М. Шпаков, Н.М. Яворская; под ред. Л.Ц. Прох. – Киев: Техника, 1982.- 207с.

17 Алешин, Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н.П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006. – 368с. : ил. Режим доступа <http://e.lanbook.com/books/> (Дата обращения 12.04.2018)

18Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники [Текст] / В.М. Рыбаков, Ю.В. Ширшов. - М.: Машиностроение, 1972. - 52 с.

19 Патон, Б.Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки [Текст] / Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1966. - 396 с.

20 Рыжков, Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении [Текст] / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., переработка и доп. - М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.

21 Нормативы времени и режимы полуавтоматической сварки в защитных газах. [Текст]. - Екатеринбург: Уралмашзавод, 2004. - 50 с.

22 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства [Текст] / К.А. Грачева. - М.: Машиностроение, 1984. – 368с.

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

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

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

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

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

28 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия [Текст]. - Введ. 1973-01-01. – М.: Изд-во стандартов., 1991 – 20 с.

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

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

31 ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная.. Технические условия [Текст].– Введ. 1975-01-01 – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1991 – 20 с.

32 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе.. Технические условия [Текст].-Введ. 1977-07-01 – М.:Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1991 – 23 с.

33 Учебники: Виноградов В.С. Электрическая дуговая сварка: учебник для нач. проф. образования.[Текст]- 5-е изд. стер. -М.: Издательский центр «Академия» 2012. -320с.; Овчинников В.В. Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугуна во всех пространственных положениях: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- М.:Издательский центр «Академия» 2014. -304с.

34 Каталог оборудования «Автоматическая сварка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://a-svarka.ru> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 10.06.2018г.).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

					ДП 44.03.04.950 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

