

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

Институт инженерно – профессионального образования

Кафедра металлургии, сварочного производства и методики профессионального  
обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой МСП

\_\_\_\_\_ Б.Н. Гузанов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ЕМКОСТИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение  
(по отраслям)

профиля Машиностроение и материалобработка  
специализации Технологии и технологический менеджмент  
в сварочном производстве

Идентификационный код ВКР: 758

Исполнитель:  
студент группы ЗСМ-403С

С.Ю. Терентьев

Руководитель:  
доцент, к.т.н.

Н.И. Ульяшина

Нормоконтролер:  
доцент, к.т.н.

Л.Т. Плаксина

Екатеринбург 2017

## РЕФЕРАТ

В дипломной работе содержится 119 листов машинописного текста, 26 таблиц, 13 рисунков, 18 использованных источников, 1 приложение.

**Ключевые слова:** СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ, ЕМКОСТЬ, РОЛИКОВЫЕ ОПОРЫ, ЦЕНТРАТОР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ И СВАРКИ ЕМКОСТИ, КОЛЬЦЕВОЙ ШОВ, ПОДКЛАДКА, ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СТЯЖКА.

В технологической части проекта приведены расчеты режимов сварки и произведен выбор сварочного оборудования.

Экономическая часть содержит расчет себестоимости цистерны, сравнение основных технико-экономических показателей с базовым вариантом.

В дипломном проекте приведены расчеты основных параметров БЖД и приведены описания экологических показателей.

В методическом разделе разработан тематический план программы переподготовки рабочих и план-конспект урока теоретического обучения.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ			
<i>Имя</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Объект</i>	<i>Дата</i>	<i>Разработка технологии сборки и сварки емкости для хранения нефтепродуктов</i>	<i>Сторона</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Объект</i>		Терентьев					2	
		Ульяшин Н.И.						
<i>Н. Контр.</i>		Павлова Л.Т.			ФГАОУ ВО РГПУ НИПО, каф. ЦСП, др. 8СМ-403С			
<i>Утвержд.</i>		Гулянов В.Н.						

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1.1 Назначение и условия работы конструкции	7
1.2 Характеристика материала изделия	7
1.3 Особенность сварки аустенитной стали 08X18H10T	9
1.4 Свариваемость стали	13
1.4.1 Общие сведения о свариваемости	13
1.4.2 Горячие и холодные трещины	15
1.4.3 Расчет на склонность к образованию горячих трещин	17
1.5 Выбор способа сварки	17
1.5.1 Ручная дуговая сварка	17
1.5.2 Сварка под флюсом	20
1.5.3 Сварка в защитных газах	22
1.6 Описание сварочных материалов	26
1.6.1 Выбор электродов для сборки	26
1.6.2 Выбор проволоки для сварки	28
1.6.3 Расчет режимов сварки	31
1.6.4 Расчет режимов сварки для базового варианта	35
1.7 Технология сборки и сварки цистерны	37
1.7.1 Оборудование для сборки-сварки цистерны	42
1.7.2 Контроль качества сварных соединений	54
2 Экономический раздел	55
2.1 Определение капиталобразующих инвестиций	55
2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку продольных швов обечаек, кольцевых швов обечаек и обечайки с днищем	55
2.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки	60
2.1.3 Расчет капитальных вложений	62
2.2 Расчет технологической себестоимости металлоконструкции	64
2.2.1 Расчет полной себестоимости изделия	73
2.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности	80
3 Безопасность и экологичность проекта	87
3.1 Безопасность труд	87
3.2 Характер трудового процесса	88
3.3 Условия труда	89
4 Экологическая безопасность проекта	94
4.1 Глобальные экологические проблемы современности	94
4.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.	94
4.3 Основные требования экологизации проекта	97
4.4 Основные характеристики технологического проекта	99
5 Методический раздел	102

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		4

5.1	Сравнительный анализ тарифно-квалификационных характеристик	102
5.2	Разработка тематического плана программы повышения квалификации рабочих	103
5.3	Разработка тематического плана по предмету «Оборудование и источники питания для автоматической сварки»	104
5.4	Разработка плана и план-конспекта урока по теме «Общие сведения о сварочных автоматах»	105
	Заключение	117
	Список использованных источников	118
	Приложение А. Лист задания	120

## ВВЕДЕНИЕ

Большие перспективы в развитии сварочного производства открывает автоматизация и механизация процессов сварки. В решении задач автоматизации необходим комплексный подход к проблеме. Это означает, что подлинный процесс сварочного производства возможен только в том случае, если будет решен весь комплекс задач по автоматизации основных, заготовительных, транспортных, сварочных и отделочных операций.

При внедрении на сборочно-сварочном участке автоматического и механизированного оборудования, удобных для рабочих приспособлений, увеличивается производительность труда, качество продукции, произойдет сокращение обслуживаемого персонала.

Для успешного развития сварочного производства необходимо ускорить создание совершенных систем автоматического управления сварочным оборудованием, основанных на применении автоматических и поточных линий высокопроизводительных сварочных машин и оборудования.

Современное машиностроение, особенно его специальные отрасли, предъявляют высокие требования к используемым материалам и сплавам. Требования к сварным соединениям и конструкциям значительно усложнились. Технология сварки должна обеспечивать сохранение сложных геометрических форм и размеров конструкции и основных свойств исходного материала.

Среди конструкционных материалов особое место занимает хромоникелевые сплавы. Высоколегированные стали и сплавы обладают высокой хладостойкостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью и жаростойкостью. Эти важнейшие материалы для химического, нефтяного, энергетического машиностроения и ряда других отраслей промышленности используют при изготовлении конструкций, работающих в широком диапазоне температур: от отрицательных до положительных.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Трубы и сосуды из высоколегированных аустенитных сталей применяются для изготовления агрессивных сред.

Объектом разработки является технология изготовления металлоконструкций.

Предметом разработки является процесс сборки и сварки корпуса цистерны.

Целью дипломного проекта является разработка технологического процесса изготовления цистерны для нефтеперерабатывающей промышленности с использованием автоматической сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- подобрать и обосновать проектируемый способ сварки металлоконструкции;
- провести необходимые расчеты режимов сварки;
- выбрать и обосновать сварочное и сборочное оборудование;
- разработать технологию сборки-сварки цистерны;
- провести расчет экономического обоснования внедрения проекта;
- разработать программу подготовки электросварщиков для данного вида сварки;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		7

## 1 Описание конструкции

### 1.1 Назначение и условия работы цистерны

Конструкция представляет собой ёмкость для хранения нефтепродуктов. Цистерна (от лат. *cistema* - водоём, водохранилище), искусственное закрытое сооружение либо ёмкость для хранения или транспортировки жидкостей, сжиженных газов, сыпучих тел. Конструкция «Цистерна» представляет собой емкость для хранения конденсата нефтепродуктов.

Изделие «Цистерна» изготавливается из аустенитной стали 08X18H10T. Данный вид стали относится к коррозионно-стойким жаропрочным сталям. Применяется для изготовления аппаратов и сосудов, работающих при температуре от -196 до 600°C под давлением, и при наличии агрессивных сред до 350°C.

Цистерны из нержавеющей стали применяются в пищевой, газонефтяной, химической промышленности, и других местах, где используются жидкости с агрессивным воздействием на металлы.

Цистерна состоит из трех обечаек, двух полусфер (доньшек) и люка.

Полусферы и люк приходят готовые к сварке. Обечайки вальцуются и свариваются на участке сварки.

Толщина всех свариваемых деталей - 8 мм.

Данная цистерна будет применяться для хранения конденсата от переработки нефтепродуктов после производства с температурой выхода до 300°C.

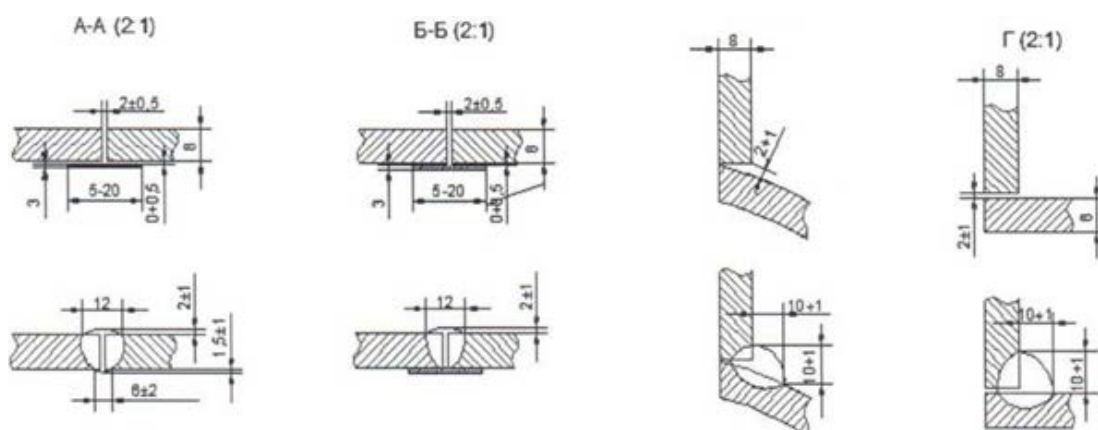
					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		8



Рисунок 1.1- Емкость для хранения нефтепродуктов

Таблица 1.1 - Обозначение сварных швов

№	ГОСТ	Способ сварки	Шов	Примечание
1	14771-76	ИП	С4	
2			С5	
3	16037-80	Р	У17	



а - ГОСТ 14771-76-С5-ИП; б - ГОСТ 14771-76-С4-ИП; в - ГОСТ 16037-80-У17-Р

Рисунок 1.2 - Сварные швы

## 1.2 Характеристика материала изделия[1]

Согласно заданию, для изготовления цистерны применяется сталь 08Х18Н10Т.

Данная сталь относится к коррозионно-стойким жаропрочным сплавам. Обладает достаточно высокой жаростойкостью: 600 - 800°С.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		9



Область применения 08X18H10T довольно широка:

- детали, стойкие к электрохимической и химической, межкристаллитной коррозии, а также коррозии под напряжением;
- слабонагруженные или ненагруженные элементы, стойкие к химически активным газовым средам и работающие при температурах 550-800°C;
- нагруженные детали, эксплуатирующиеся в течение 5000-10000 часов при температуре до 600°C;
- для изготовления сварной аппаратуры, труб и деталей печной аппаратуры, а также муфтелей, теплообменников, деталей выхлопных систем, сортовых и листовых деталей.

Таблица 1.2-Общая характеристика стали 08X18H10T

Параметр	Содержание
Марка:	08X18H10T (другое обозначение X18H10T)
Заменитель:	10X14Г14Н4Т, 12X17Г9АН4, 12X18H10T, 08X18H10
Классификация:	Сталь коррозионно-стойкая жаропрочная
Применение:	Сварная аппаратура, трубы, детали печной аппаратуры, теплообменники, муфтели, детали выхлопных систем, листовые и сортовые детали. Аппараты и сосуды, работающие при температуре от —196 до 600°C под давлением, а при наличии агрессивных сред до 350 °С; сталь аустенитного класса.

Таблица 1.3 - Химический состав в % стали 08X18H10T ГОСТ 5632 - 72

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Сп	Ti
до 0.08	до 0.8	до 2	9.5-10,5	до 0.02	до 0.035	17- 19	до 0.3	0.6-0.8

Свариваемость стали - без ограничений.

Таблица 1.4 - Механические свойства при T=20°C материала 08X18H10T

Сортамент	Размер	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\gamma$ , %	Термообработка
Лист, ГОСТ 7350-77		530	215	38	49	Закалка 1030 - 1080°C, Охлаждение водой.

Расшифровка обозначений для таблицы 1.4:

- $\sigma_{в}$ - Предел кратковременной прочности, МПа
- $\sigma_{Т}$ - Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), МПа
- $\delta$  - Относительное удлинение при разрыве, %
- $\gamma$  - Относительное сужение, %

### 1.3 Особенности сварки аустенитной стали 08X18H10T

Сталь 08X18H10T относится к хорошо свариваемым. Характерной особенностью сварки этой стали является возникновение межкристаллитной коррозии. Она развивается в зоне термического влияния при температуре 500- 800°C. При пребывании металла в таком критическом интервале температур по границам зерен аустенита выпадают карбиды хрома. Вследствие выпадения карбидов хрома сталь теряет устойчивость к коррозии. Все это может иметь опасные последствия - хрупкие разрушения конструкции в процессе эксплуатации.

Чтобы добиться стойкости стали нужно исключить или ослабить эффект выпадения карбидов и стабилизировать свойства стали в месте сварного шва.

Сталь 08X18H10T содержат титан и ниобий, которые, являясь более сильными карбидообразователями, связывают углерод стали, предупреждая образование карбидов хрома. Поэтому эти стали после сварки не подвергают термообработке.

Общей сложностью сварки является предупреждение образования в шве и околошовной зоне кристаллизационных горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер, наблюдаемых в виде мельчайших микронадрывов и трещин. Горячие трещины могут возникнуть и при термообработке или работе конструкции при повышенных температурах. Образование горячих трещин характерно для крупнозернистой структуры металла шва,

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		11

особенно выраженной в многослойных швах, когда кристаллы последующего слоя продолжают кристаллы предыдущего слоя.

Применение методов, способствующих измельчению кристаллов и дезориентации структуры, что позволяет уменьшить межкристаллитные прослойки и повысить стойкость швов против горячих трещин. Один из таких способов - получение швов, имеющих в структуре некоторое количество первичного феррита. Одновременное выпадение из жидкой фазы кристаллов аустенита и первичного феррита приводит к измельчению и дезориентации структуры. В результате вероятность образования горячих трещин уменьшается.

Термическое старение швов при температурах 350-500°C может привести к появлению 475°-ной хрупкости, причины которой до сих пор не выяснены. Выдержка аустенитно-ферритных швов при температуре 500-650°C приводит к старению в основном за счет выпадения карбидов.

Одно из эффективных средств уменьшения склонности сварных соединений жаростойких и жаропрочных сталей к охрупчиванию - снижение в основном металле и металле шва содержания углерода.

Суммарная внутренняя пластическая деформация металла сварного шва и околошовной зоны при сварке высоколегированных сталей выше, чем в низколегированных сталях.

В процессе высокотемпературной эксплуатации происходит карбидное и интерметаллидное упрочнение металла шва и соответствующее снижение его пластических свойств, что приводит к локализации в околошовной зоне деформаций и образованию в ней трещин. Предотвращение подобных разрушений достигается термообработкой - аустенизацией при температуре 1050-1100°C для снятия остаточных сварочных напряжений и приданию сварному соединению более однородных свойств. Иногда сопровождается отжигом при температуре 750-800°C для получения относительно стабильных структур за счет выпадения карбидной и интерметаллидной фаз.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		12

При сварке высокопрочных сталей в околошовной зоне возможно образование холодных трещин. Поэтому до сварки рекомендуется их аустенизация для получения высоких пластических свойств металла, а после сварки - упрочняющая термообработка. Основные пути предотвращения охрупчивания сварных соединений и образования в них горячих трещин: подбор химического состава металла шва, получение в нем благоприятных структур за счет выбора режимов сварки и термообработки, снижение уровня остаточных напряжений за счет уменьшения жесткости сварных соединений или термообработки. Предварительный или сопутствующий подогрев до температуры 350-450°C служит этой же цели.

Предупреждение склонности стали и швов к межкристаллитной коррозии достигается: снижением содержания углерода до пределов его растворимости в аустените (до 0,02 - 0,03%), легированием более энергичными, чем хром, карбидообразующими элементами (стабилизация титаном, ниобием, танталом, ванадием и др.); аустенизацией (закалкой) с температурой 1050 - 1100°C, однако при повторном нагреве в интервале критических температур (500 - 800°C) сталь повторно приобретает склонность к межкристаллитной коррозии; стабилизирующим отжигом при температуре 850 - 900°C в течение 2 - 3 ч; созданием аустенитно-ферритной структуры с содержанием феррита до 20-25% путем дополнительного легирования хромом, кремнием, молибденом, алюминием и др. Однако такое высокое содержание феррита может понизить стойкость металла к общей коррозии.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		13

## 1.4 Свариваемость стали

### 1.4.1 Общие сведения о свариваемости

Под свариваемостью понимается способность стали данного химического состава создавать при сварке тем или иным способом высококачественное соединение без трещин, пор и прочих дефектов. От химического состава свариваемой стали зависит ее структура и физические свойства, которые могут изменяться под влиянием термических факторов и охлаждения металла при сварке. На свариваемость стали основное влияние оказывает содержание в ней углерода и легирующих элементов.

Влияние основных легирующих примесей на свариваемость сталей:

- Углерод (С) - одна из важнейших примесей, определяющая прочность, пластичность, закаливаемость и др. характеристики стали.

Содержание углерода в сталях до 0,25% не снижает свариваемости. Более высокое содержание "С" приводит к образованию закалочных структур в металле зоны термического влияния (далее по тексту - ЗТВ) и появлению трещин.

- Сера (S) и фосфор (P) - вредные примеси. Повышенное содержание "S" приводит к образованию горячих трещин - красноломкость, а "P" вызывает хладноломкость. Поэтому содержание "S" и "P" в низкоуглеродистых сталях обыкновенного качества ограничивают до 0,4-0,5%.

- Кремний (Si) присутствует в сталях как примесь в количестве до 0,3% в качестве раскислителя. При таком содержании "Si" свариваемость сталей не ухудшается. В качестве легирующего элемента при содержании "Si" - до 0,8- 1,0% (особенно до 1,5%) возможно образование тугоплавких оксидов "Si", ухудшающих свариваемость стали.

- Марганец (Mn) при содержании в стали до 1,0% процесс сварки не затрудняет. При сварке сталей с содержанием "Mn" в количестве 1,8-2,5%

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		14

возможно появление закалочных структур и трещин в металле зоны термического влияния.

- Хром (Сг) в низкоуглеродистых сталях ограничивается как примесь в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях возможно содержание хрома в пределах 0,7-3,5%. В легированных сталях его содержание колеблется от 12% до 18%, а в высокохромистых сталях достигает 35%. При сварке хром образует карбиды, ухудшающие коррозионную стойкость стали. Хром способствует образованию тугоплавких оксидов, повышающих коррозионную стойкость, но затрудняющих процесс сварки.

- Никель (Ni) аналогично хрому содержится в низкоуглеродистых сталях в количестве до 0,3%. В среднелегированных сталях его содержание возрастает до 5%, а в высоколегированных - до 35%. В сплавах на никелевой основе его содержание является основным. Никель увеличивает прочностные и пластические свойства стали, оказывает положительное влияние на свариваемость.

- Ванадий (V) в легированных сталях содержится в количестве 0,2-0,8%. Он повышает вязкость и пластичность стали, улучшает ее структуру, способствует повышению прокаливаемости.

- Молибден (Mo) в сталях ограничивается 0,8%. При таком содержании он положительно влияет на прочностные показатели сталей и измельчает ее структуру. Однако при сварке он выгорает и способствует образованию трещин в наплавленном металле.

- Титан и ниобии (Ti и Nb) в коррозионностойких и жаропрочных сталях содержатся в количестве до 1%. Они снижают чувствительность стали к межкристаллитной коррозии, вместе с тем ниобий в сталях типа 18-10 способствует образованию горячих трещин.

- Медь (Сu) содержится в сталях как примесь (в количестве до 0,3% включительно), как добавка в низколегированных сталях (0,15 до 0,5%) и

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		15

как легирующий элемент (до 0,8-1%). Она повышает коррозионные свойства стали, не ухудшая свариваемости.

#### 1.4.2 Горячие и холодные трещины

**Горячие трещины** - это хрупкие межкристаллические разрушения металла шва и околошовной зоны, возникающие в твердожидком состоянии в процессе кристаллизации, а также при высоких температурах в твердом состоянии. Они извилисты, в изломе имеют темный цвет, сильно окислены, распространяются по границам зерен. По современным представлениям горячие трещины вызываются действием двух факторов: наличием жидких прослоек между зернами в процессе кристаллизации и сжимающим напряжением (деформациями укорачивания).

В интервале температур плавления и полного затвердевания происходит миграция примесей и загрязнений в межзеренные пространства. Наличие между зернами жидкой фазы, примесей и загрязнений снижает деформационную способность шва и околошовной зоны. Неравномерность линейной и объемной усадок шва и основного металла при охлаждении приводит к возникновению внутренних напряжений, являющихся причиной появления микро- и макроскопических трещин как вдоль, так и поперек шва.

**Причинами образования горячих трещин при сварке являются:**

- большое количество вредных примесей (особенно серы и фосфора) в металле свариваемых заготовок;
- наличие в металле шва элементов, образующих химические соединения с низкой температурой затвердевания (хром, молибден, ванадий, вольфрам, титан), нарушающие связь между зернами;
- жесткое закрепление свариваемых заготовок или повышенная жесткость сварного узла, затрудняющая перемещение заготовок при остывании.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		16

**Холодные трещины** - это локальные межкристаллические или транскристаллические разрушения сварных соединений, образующиеся в металле при остывании до относительно невысоких температур (как правило, ниже 200 °С). Холодные трещины в шве и переходной зоне расположены под любым углом ко шву - в изломе светлые или со слабыми цветами побежалости и возникают преимущественно при дуговой сварке низколегированной стали большой толщины. Чаще всего трещины возникают в переходной зоне вследствие неправильной техники сварки или ошибочно выбранного присадочного материала. Для предупреждения образования холодных трещин применяют:

- прокаливание флюсов и электродов перед сваркой;
- предварительный подогрев свариваемых заготовок до 250-450°С;
- ведение процесса сварки в режиме с оптимальными параметрами;
- наложение швов в правильной последовательности;
- медленное охлаждение изделия после сварки;
- проведение непосредственно после сварки смягчающего отжига для снятия остаточных напряжений.

### 1.4.3 Расчет на склонность к образованию горячих трещин

Расчет на склонность к образованию горячих трещин хромоникелевых сплавов производится по следующей формуле:

$$\frac{Cr_{\text{ЭКВ}}}{Ni_{\text{ЭКВ}}} = \frac{Cr+1.37Mo+1.5Si+2Nb+3Ti}{Ni+0.31Mn+22C+14.2N+Cu} \quad (1.1)$$

Если  $\frac{Cr_{\text{ЭКВ}}}{Ni_{\text{ЭКВ}}} > 1,5$ , то сталь стойкая к образованию горячих трещин.

Рассчитаем склонность стали 12Х18Н9Т к образованию горячих трещин по формуле (1.1):

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		17



$$\frac{Cr_{экв}}{Ni_{экв}} = \frac{18 + 1,5 * 0,84 - 3 * 0,8}{8,7 + 0,31 * 2 + 22 * 0,12 + 0,3} = 1,8$$

1,8 > 1,5, следовательно сталь 08X18H10T не склонна к образованию горячих трещин и предварительный подогрев не нужен.

## 1.5 Выбор способа сварки

Рассмотрим способы сварки, которые возможно применить при сварке имеющейся конструкции. К таким способам относятся: ручная дуговая сварка, сварка в защитных газах и сварка под флюсом. Изучим их достоинства и недостатки относительно нашей конструкции.

### 1.5.1 Ручная дуговая сварка

При ручной дуговой сварке покрытыми металлическими электродами, сварочная дуга горит с электрода на изделие, оплавляя кромки свариваемого основного металла изделия и расплавляя металл электродного стержня и покрытие электрода. Кристаллы основного металла и металла электродного стержня образует сварной шов.

Электрод состоит из электродного стержня и электродного покрытия (рисунок 1.3). Электродный стержень - сварочная проволока; электродное покрытие - многокомпонентная смесь металлов и их оксидов. По функциональным признакам компоненты электродного покрытия разделяют:

- > газообразующие:
- > защитный газ;
- > ионизирующий газ;
- > шлакообразующие:

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		18

> для физической изоляции расплавленного металла от активных газов атмосферного воздуха;

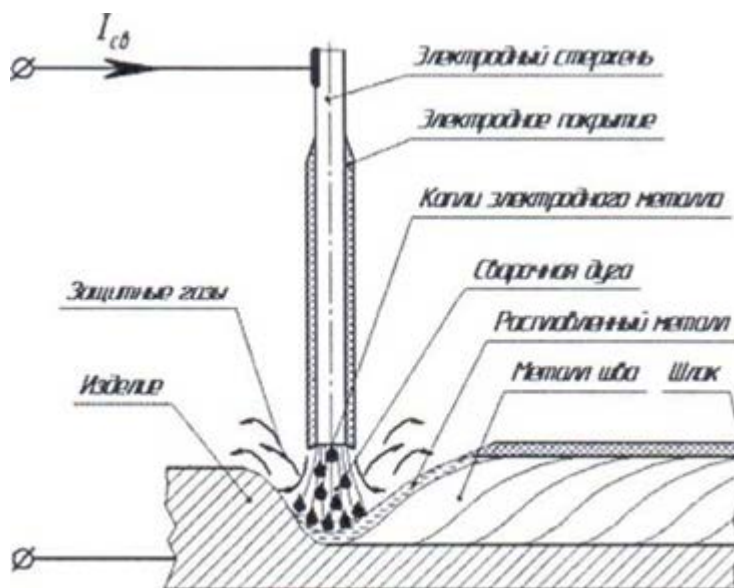


Рисунок 1.3 - Схема сварки покрытым металлическим электродом

- > раскислители;
- > рафинирующие элементы;
- > легирующие элементы;
- > связующие;
- > пластификаторы.

Перед зажиганием (возбуждением) дуги следует установить необходимую силу сварочного тока, которая зависит от марки электрода, типа сварного соединения, положения шва в пространстве и др.

Зажигание (возбуждение) производится двумя способами. При первом способе электрод подводят перпендикулярно к месту начала сварки и после сравнительно легкого прикосновения к изделию отводят верх на расстояние 2-5 мм. Второй способ напоминает процесс зажигания спички. При обрыве дуги повторное зажигание ее осуществляется впереди кратера на основном металле с возвратом к наплавленному металлу для вывода на по-

верхность загрязнений, скопившихся в кратере. После этого сварку ведут в нужном направлении. Достоинства способа:

- > Простота оборудования;
- > Возможность сварки во всех пространственных положениях;
- > Возможность сварки в труднодоступных местах;
- > Быстрый, по времени переход от одного вида материала к другому;
- > Большая номенклатура свариваемых металлов.

Недостатки способа:

- > Большие материальные и временные затраты на подготовку сварщика;
- > Качество сварного соединения и его свойства во многом определяются субъективным фактором;
- > Низкая производительность (пропорциональна сварочному току, увеличение сварочного тока приводит к разрушению электродного покрытия).

### 1.5.2 Сварка под флюсом

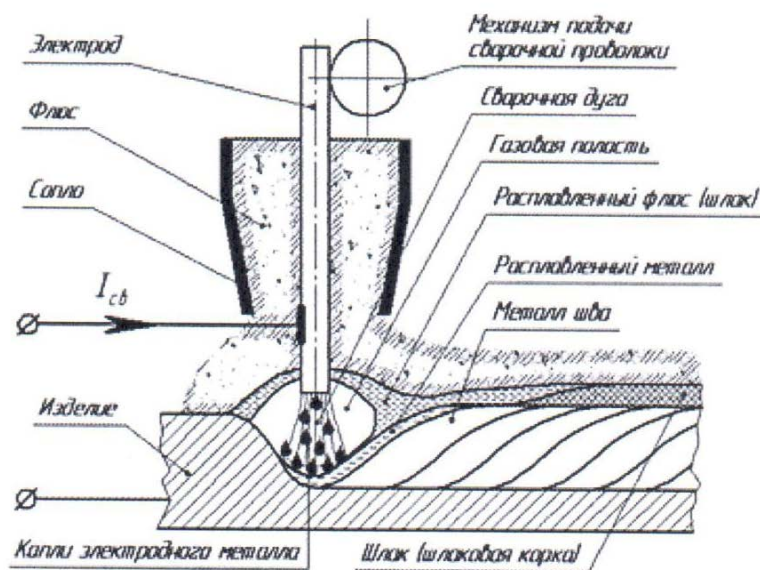


Рисунок 1.4 - Схема сварки под флюсом

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

При сварке под флюсом (рисунок 1.4) дуга горит между сварочной проволокой и свариваемым изделием под слоем гранулированного флюса. Ролики специального механизма подают электродную проволоку в зону дуги. Сварочный ток (переменный или постоянный, прямой или обратной полярности) подводится к проволоке с помощью скользящего контакта, а к изделию - постоянным контактом. Сварочная дуга находится в газовом пузыре, который образуется в результате плавления флюса и металла. Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса (шлака). По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва.

Автоматическую сварку под флюсом выполняют электродной проволокой диаметром 2 — 6 мм. Равнопрочность соединения достигается рациональным подбором флюсов и сварочных проволок и выбором режимов и техники сварки. При сварке низкоуглеродистых сталей в большинстве случаев применяют флюсы АН-348-А и ОСЦ-45 и низкоуглеродистые электродные проволоки таких марок как Св-08 и Св-08А. При сварке ответственных конструкций, а также металла с большим количеством ржавчины рекомендуется использовать электродную проволоку Св-08ГА, содержащую раскислители. Использование указанных материалов позволяет получить металл шва с механическими свойствами, равными или превышающими механические свойства основного металла. При сварке низколегированных сталей используют те же флюсы и электродные проволоки Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2 и др. Легирование металла шва марганцем из проволок и кремнием при сварке основного металла, при подборе соответствующего термического цикла (погонной энергии) позволяет получить металл шва с требуемыми механическими свойствами. Использование указанных материалов достигается высокая стойкость металла швов против образования пор и кристаллизационных трещин. При сварке без разделки кромок увеличивается доля основного металла в металле шва и поэтому некоторое по-

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		21

вышение в нем углерода может повысить прочностные свойства и понизить пластические свойства металла шва.

При сварке низколегированных термоупрочненных сталей для предупреждения разупрочнения шва в зоне термического влияния следует использовать режимы с малой погонной энергией, а при сварке не термоупрочненных сталей — режимы с повышенной погонной энергией. Для обеспечения пластических свойств металла шва и околошовной зоны на уровне свойств основного металла во втором случае следует выбирать режимы, обеспечивающие получение швов с повышенным наплавленным металлом, применять двухдуговую сварку или производить предварительный подогрев металла до 150—200 °С.

Достоинства способа:

- Повышенная производительность;
- Минимальные потери электродного металла (не более 2%);
- Отсутствие брызг;
- Максимально надёжная защита зоны сварки;
- Минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- Мелкочешуйчатая поверхность металла шва в связи с высокой стабильностью процесса горения дуги;
- Не требуется защитных приспособлений от светового излучения, поскольку дуга горит под слоем флюса;
- Низкая скорость охлаждения металла обеспечивает высокие показатели механических свойств металла шва;
- Отсутствует влияние субъективного фактора.

Недостатки способа:

- Трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- Трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия;
- Неблагоприятное воздействие на оператора;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		22

- Нет возможности выполнять сварку во всех пространственных положениях без специального оборудования.

### 1.5.3 Сварка в защитных газах

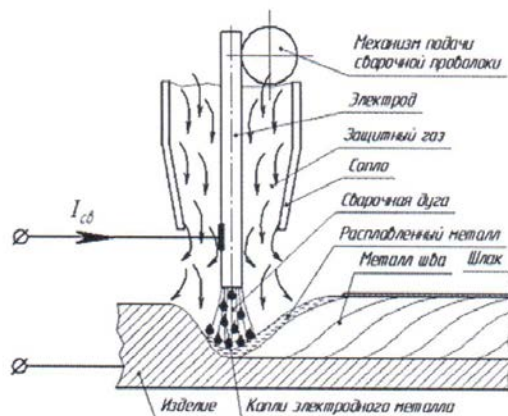


Рисунок 1.5 - Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов

При сварке плавящимся электродом в защитном газе (рисунок 1.5) в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подаётся газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных атмосферных газов. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей для защиты расплавленного электродного металла и металла сварочной ванны от атмосферных газов чаще всего применяют углекислый газ и смеси аргона с углекислым газом до 30 %. Аргон и гелий в качестве защитных газов применяют только при сварке конструкций ответственного назначения. Сварку в защитных газах производят плавящимся и неплавящимся металлическим электродом.

В некоторых (редких) случаях для сварки используют неплавящийся угольный или графитовый электрод. Этот способ применяют при сварке бортовых соединений из низкоуглеродистых сталей толщиной 0,3—2,0 мм (например, канистр, корпусов конденсаторов и т. д.). Так как сварку выполняют без присадки, содержание кремния и марганца в металле шва невелико. В результате прочность соединения составляет 50—70% прочности основного металла.

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

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

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

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

При применении чистого аргона для сварки конструкционных сталей соединения характеризуются недостаточной стабильностью и неудовлетворительным формированием шва. Добавка к аргону небольшого количества

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		24

кислорода или углекислого газа существенно повышает устойчивость горения дуги и улучшает формирование шва. Растворяясь в жидком металле и скапливаясь преимущественно на поверхности, кислород значительно снижает его поверхностное натяжение. Поэтому для сварки сталей применяют не чистый аргон, а смеси с кислородом или углекислым газом.

Высокие технологические свойства при сварке сталей обеспечиваются при добавке к аргону до 1-5 % кислорода. При применении кислорода значительно понижается критический ток, при котором капельный перенос переходит в струйный; дуга горит стабильно, обеспечивая сварку небольших толщин. Кислород способствует увеличению плотности металла шва, улучшению сплавления, уменьшению подрезов и увеличению производительности процесса сварки. Кислород снижает содержание углерода в металле шва до более низкого уровня. Избыток кислорода в защитном газе приводит к образованию пор в металле шва в связи с выгоранием в нем неметаллических соединений.

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

Преимущества сварки в защитных газах:

- 1) высокое качество сварных соединений на разнообразных металлах и сплавах различной толщины;
- 2) возможность сварки в различных пространственных положениях;
- 3) возможность визуального наблюдения за образованием шва, что особенно важно при полуавтоматической сварке;
- 4) отсутствие операций по засыпке и уборке флюса и удалению шлака;
- 5) высокая производительность и легкость механизации и автоматизации;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		25



б) низкая стоимость при использовании активных защитных газов.

К недостаткам способа сварки в защитных газах по сравнению со сваркой под флюсом необходимо отнести необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги.

Для стали 08X18H10T, условий работы изделия и с учетом конструкции принимаем автоматическую сварку в среде защитных газов. Ручная дуговая сварка (РДС) не производительна, требует большой затраты времени. Применение сварки под флюсом для соединения малых толщин нецелесообразно, поскольку коэффициент наплавки и производительность сварки в защитном газе выше чем у сварки под флюсом. Для сварки нержавеющей стали применяют аргонодуговую сварку. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, используя режимы, обеспечивающие струйный перенос электродного металла. Для повышения стабильности горения дуги и особенно снижения вероятности образования пор из-за водорода при сварке плавящимся электродом используют смеси аргона с кислородом или углекислым газом (до 10%). Для стали данного изделия будем применять смесь газов  $Ar + 3\% O_2$ .

## 1.6 Описание сварочных материалов

### 1.6.1 Выбор электродов для сборки

Прихватка при сборке выполняется ручной дуговой сваркой.

Для ручной сварки стали 08X18H10T применяем электроды по типу ЭА-1Б марок ЦЛ-11. Стержень: специальная проволока типа СВ07X19H10Б согласно ГОСТ 2246-70.

Электроды предназначены для сварки ответственного оборудования из аустенитных высокомарганцевых сталей, коррозионно-стойких хромоникелевых сталей типа 18-8, работающего в слабоагрессивных средах при температуре до 350°C, когда к металлу шва предъявляются требования

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		26

стойкости к межкристаллитной коррозии. Сварка во всех пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности

Таблица 1.5- Механические свойства металла шва [2]

Показатель	Значение
Предел текучести:	430 МПа
Временное сопротивление:	640 МПа
Относительное удлинение:	28%
Ударная вязкость:	100 Дж/см <sup>2</sup>

Таблица 1.6 - Химический состав наплавленного металла, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	V	S	p
0,08	1,3	1,2	18	8,6	2.0	0.016	0.01

Принимаем  $d_3 = 3$  мм.

Для электродов с основным покрытием минимально допустимое значение плотности сварного тока составляет  $j=13-18$  А/мм<sup>2</sup>[1].

Сила сварочного тока:

$$I_{св} = (\pi d_3^2 / 4) * j, \quad (1.2)$$

$$I_{св} = ((3.14 * 3^2) / 4) * 13 = 92 \text{ А}$$

Напряжение дуги:

$$U_d = 12 + 0,36 \frac{I_{св}}{d_3} \quad (1.3)$$

$$U_d = 12 + 0,36 \frac{92}{3} = 23 \text{ В}$$

Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{\rho \cdot F_{пр}} \quad (1.4)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки, г/А\*ч;  
 $\rho$  - плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup>.

$$\alpha_n = 12 \text{ г/А*ч}$$

$$\rho = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$V_{св} = \frac{12 \cdot 92}{7,8 \cdot 0,15} = 9,4 \text{ м/ч}$$

Расчет прихваток:

Прихватка рассчитывается из соотношения к толщине металла

3-6(S) через 20-40(S)

Примем прихватки равные 30мм. через 300мм.

Таблица 1.7- Режимы РДС для прихваток

d <sub>э</sub> , мм	I <sub>св</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , м/ч	Прихватка/Шаг
3	106	25	9,4	30/300

### 1.6.2 Выбор проволоки для сварки

Для гарантированной коррозионной стойкости сварного шва необходимо получить сварной шов с содержанием феррита 6-10%.

Определим класс стали 08X18H10T по диаграмме Шеффлера. Для этого воспользуемся формулами:

$$\mathcal{E}_{Ni} \sim Ni + 30C + 0,5Mn \quad (1.5)$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$\text{Э}_{\text{Cr}} = \text{Cr} + \text{Mo} + 1,5\text{Si} + 0,5\text{Nb} \quad (1.6)$$

Подставим значения:

$$\text{Э}_{\text{Ni}} = 10 + 30 \cdot 0,08 + 0,5 \cdot 2 = 13,4\%$$

$$\text{Э}_{\text{Cr}} = 18 + 1,5 \cdot 0,8 = 19,2\%$$

Полученные данные отобразим на рисунке 1.6.

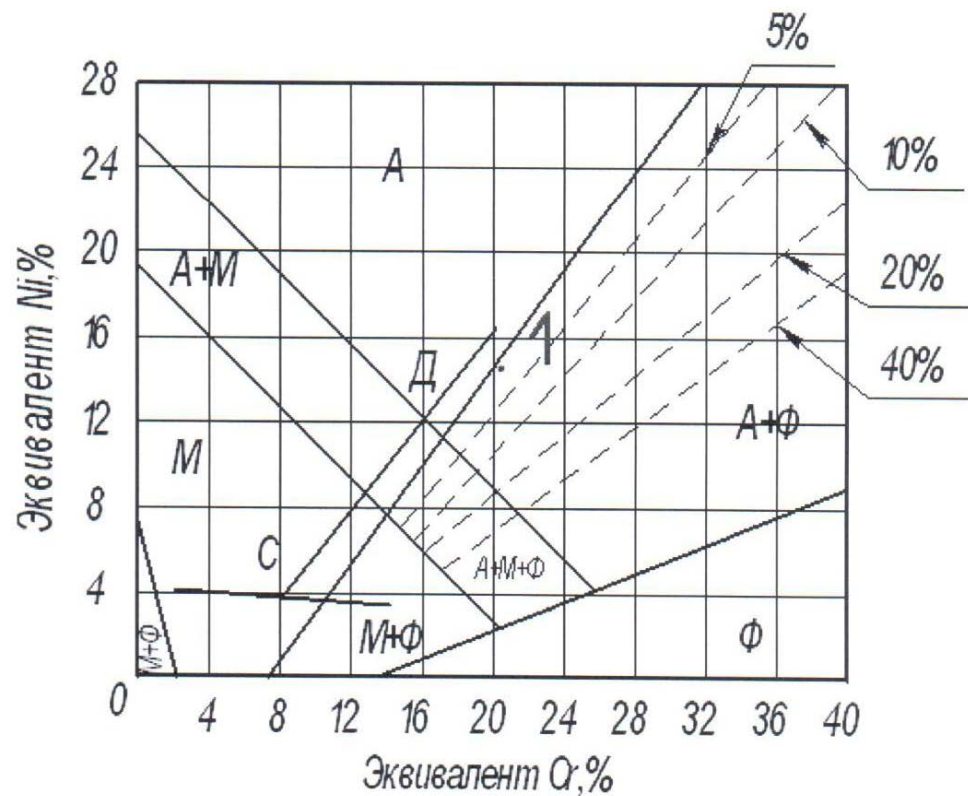


Рисунок 1.6 – сталь 08X18H10T (точка 1)

Для автоматической и полуавтоматической сварки стали 08X18H10T чаще всего рекомендуют проволоки: Св-08X19H10Б, Св-06X21H7БТ, Св-04X22H10БТ, Св-05X20H9ФБС.

Для сварки цистерны примем проволоку Св-06X21H7БТ.

Таблица 1.8 - Химический состав проволоки СВ-06Х21Н7БТ, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	Ti	P	S
0,08	0,8	1-2	20-22	6,8-7,8	0.8	0,3..0,8	до 0,035	до 0,025

Определим процентное содержание феррита в сварном шве по формулам 1.5 и 1.6.



Рисунок 1.7 - Схема сварного соединения С4 по ГОСТ 14771-76  
Площадь сварного металла:

$$F_{\text{св}} = F_1 + F_2 + F_3 \quad (1.7)$$

$$F_1 = \pi * \frac{e}{2} * \frac{j}{2} \quad (1.8)$$

$$j = S + q_1 \quad (1.9)$$

$$j = 8 + 1,5 = 9,5 \text{ мм}$$

$$F_1 = 3,14 * \frac{12}{2} * \frac{9,5}{2} = 89,5 \text{ мм}^2$$

$$F_{\text{св}} = 89,5 + 17,52 + 6,57 = 113,6 \text{ мм}^2$$

Площадь основного металла:

$$F_{\text{осн}} = F_{\text{св}} - F_{\text{н}} \quad (1.10)$$

$$F_{\text{осн}} = 113,6 - 40,1 = 73,5 \text{ мм}^2$$

Для определения содержания каждого элемента состава сварного шва воспользуемся формулой:

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		30

$$Ni_{св} = \frac{F_H + Ni_{пр} + F_{осн} + Ni_{осн}}{F_{св}} \quad (1.11)$$

Подставим значения в формулы 1.5 и 1.6:

$$\mathcal{E}_{Ni_{св}} = 8,3 + 30 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 1,8 = 12,2 \%$$

$$\mathcal{E}_{Cr_{св}} = 19,1 + 1,5 \cdot 0,8 = 20,3 \%$$

Полученные данные отобразим на рисунке 8.

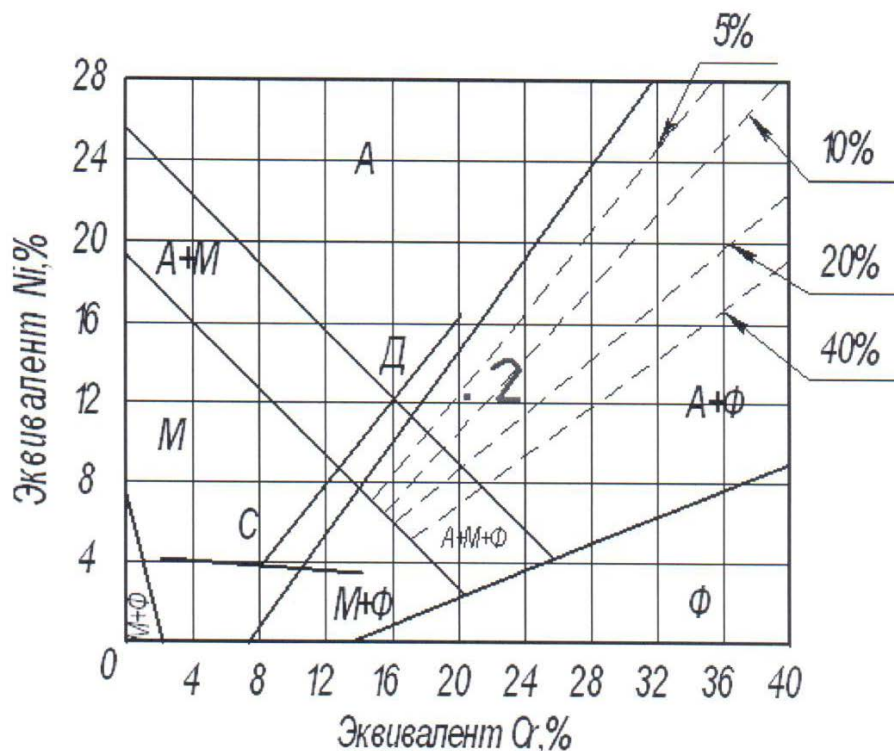


Рисунок 1.8 - металл сварного шва (точка 2)

Необходимо получить металл сварного шва с содержанием феррита в количестве 6-10% для обеспечения требуемой коррозионной стойкости. Сварочная проволока проволоки Св-06Х21Н7БТ позволяет получить сварной шов с требуемым количеством феррита (около 6%).

### 1.6.3 Расчет режимов сварки

1. Необходимая глубина проплавления:

$$h_p = S - 0,5b \quad (1.12)$$

Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата
------	-----	----------	---------	------

$$h_p = 8 - 0,5 * 2 = 7 \text{ мм}$$

2. Расчет площади наплавленного металла:

$$F_{HC4} = F_n + F_{n1} + F_L \quad (1.13)$$

$$F_n = 0,73 * e * q \quad (1.14)$$

$$F_n = 0,73 * 12 * 2 = 17,52 \text{ мм}^2$$

$$F_{n1} = 0,73 * e_1 * q_1 \quad (1.15)$$

$$F_{n1} = 0,73 * 6 * 1,5 = 6,6 \text{ мм}^2$$

$$F_0 = b * S \quad (1.16)$$

$$F_0 = 8 * 2 = 16 \text{ мм}^2$$

$$F_{HC4} = 17,5 + 6,6 + 16 = 40,1 \text{ мм}^2$$

$$F_{HC5} = F_n + F_L \quad (1.17)$$

$$F_{HC5} = 17,5 + 16 = 33,5 \text{ мм}^2$$

3. Расчет диаметра сварочной проволоки:

$$d_n = k_d * F_H^{0,625} \quad (1.18)$$

$$d_{nc4} = 0,36...0,16 * 40,1^{0,625} = 0,36...1,6$$

$$d_{nc5} = 0,36...0,16 * 33,5^{0,625} = 0,36...1,6$$

Принимаем  $d_n = 1,6 \text{ мм}$ .

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		32

4. Расчет значения сварочного тока:

$$I_C = K_I \frac{h_P^{1,32}}{l^{1,07}}, \quad (1.19)$$

$$I_C = 460 \frac{7^{1,32}}{16^{1,07}}, = 308A$$

5. Вылет электродной проволоки:

$$l_{\text{э}} = 10 * d_{\text{э}}, \quad (1.20)$$

$$l_{\text{э}} = 10 * 1,6 = 16\text{мм}$$

6. Коэффициент расплавления:

$$\alpha_p = 1,21 * I_{\text{св}}^{0,32} * l_{\text{э}}^{0,39} * \frac{1}{d_{\text{э}}^{0,64}} \quad (1.21)$$

$$\alpha_p = 1,21 * 308^{0,32} * 16^{0,39} * 1/d_{\text{э}}^{0,64} = 16,6 \text{ г/А*ч}$$

7. Значение плотности тока:

$$j = \frac{4 * I_{\text{св}}}{\pi * d_{\text{э}}^2} \quad (1.22)$$

$$j = \frac{4 * 308}{3,14 * 1,6^2} = 153 \text{ А/мм}^2$$

8. Коэффициент наплавки:

$$\alpha_n = \alpha_p \frac{100 - \psi_n}{100} \quad (1.23)$$

$$\psi_n = 3\%$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		33



$$\alpha_H = 16,6 * \frac{100-3}{100} = 16,1 \text{ Гр/А*ч}$$

9. Скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_H * I_{\text{св}}}{3600 * \rho * F_H} \quad (1.24)$$

Где  $\rho$  – плотность наплавленного металла.

$\rho = 7.8$ .

$$V_{\text{свс4}} = \frac{16,6 * 308}{3600 * 7,8 * 0,40} = 0,5 \text{ см/с} = 18 \text{ м/ч}$$

$$V_{\text{свс5}} = \frac{31,2 * 308}{3600 * 7,8 * 0,33} = 0,6 \text{ см/с} = 21,6 \text{ м/ч}$$

10. Напряжение дуги:

$$U_{\text{д}} = 15 + 0,05 * I_{\text{св}} \quad (1.25)$$

$$U_{\text{д}} = 15 + 0,05 * 308 = 30,4 \text{ В}$$

11. Погонная энергия:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} * U_{\text{д}} * \eta}{V_{\text{св}}} \quad (1.26)$$

$\eta = 0.75$

$$q_{\text{пс4}} = \frac{308 * 30,4 * 0,75}{0,5} = 14844 \text{ Дж/см}$$

$$q_{\text{пс5}} = \frac{308 * 30,4 * 0,75}{0,6} = 11704 \text{ Дж/см}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		34

12. Коэффициент формы провара:

$$\psi_{\text{пр}} = \kappa' (19 - 0,01 * I_{\text{CB}}) \frac{d_{\text{э}} * U_{\text{д}}}{I_{\text{CB}}} \quad (1.27)$$

$\kappa' = 0,86$  (при  $j \geq 120 \text{ A/mm}^2$  для постоянного тока обратной полярности)

$$\psi_{\text{пр}} = 0,86 * (19 - 0,01 * 308) \frac{1,6 * 30,4}{308} = 2,1$$

13. Проверим глубину проплавления:

$$h = 0,81 \sqrt{qn / \psi_{\text{пр}}} \quad (1.28)$$

$$h = 0,81 \sqrt{14844 / 2,1} = 6,8 \text{ мм}$$

14. Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{\text{нп}} = \frac{4V_{\text{CB}} * F_{\text{H}}}{\pi d_{\text{э}}^2} \quad (1.29)$$

$$V_{\text{нп4}} = \frac{4 * 0,5 * 0,40}{3,14 * 0,016} = 16 \text{ см/с} = 576 \text{ м/ч}$$

$$V_{\text{нп5}} = \frac{4 * 0,5 * 0,33}{3,14 * 0,016} = 13,2 \text{ см/с} = 475,2 \text{ м/ч}$$

#### 1.6.4 Расчет режимов сварки для базового варианта

##### 1 Выбор диаметра электрода

При сварке многопроходных швов стыковых соединений первый проход должен выполняться электродами диаметром не более 5 мм, так как применение электродов большего диаметра не позволяет в необходимой степени проникнуть в глубину разделки для провара корня шва.

Примем диаметр электрода равный 4 мм.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		35

## 2 Определение числа проходов

При определении числа проходов следует иметь ввиду, что максимальное поперечное сечение металла, наплавленного за один проход, не должно превышать 30 - 40 мм<sup>2</sup>. Для определения числа проходов при сварке стыковых соединений с разделкой кромок общая площадь поперечного сечения наплавленного металла рассчитывается по формуле:

$$F_{\Sigma} = F_{\Delta} + F_{\text{ш}} + F_{\Delta} \quad (1.30)$$

Для соединения продольных стыков обечаек и кольцевых стыков обечаек между собой делаем скос кромок под углом 22,5°. Таким образом, получается угол между кромками равный 45°. Для соединения обечаек с днищами, наоборот, скос кромок производится не будет, так как без скоса угол между кромками получается равный 45° автоматически.

$$F_{\Delta} = \frac{1}{2}hk * \sin\alpha \quad (1.31)$$

где k - длина скоса кромки;

$\sin \alpha$  - угол между высотой и скосом кромки.

$$k = \frac{h}{\sin \beta} \quad (1.32)$$

где  $\sin \beta$  - угол между основанием и скосом кромки.

$$k = \frac{8}{\sin 67.5}$$

$$F_{\Delta} = \frac{1}{2} * 8 * 8.7 * \sin 22.5 = 46,8 \text{ мм}^2$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		36

РДС необходимо выполнять в 2 прохода, поскольку  $F_H > 40 \text{ мм}^2$ .

Площадь первого прохода:

$$F_1 = 6 * d_3 \quad (1.33)$$

$$F_1 = 6 * 4 = 24 \text{ мм}^2$$

Площадь второго прохода:

$$F_2 = 8 * d_3 \quad (1.34)$$

$$F_2 = 8 * 4 = 32 \text{ мм}^2$$

Сила сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{\pi d^2}{4} j, \text{ А} \quad (1.35)$$

где  $j$  - допускаемая плотность тока

$$j = 10 \text{ А/мм}^2 [3]$$

$$I_{св} = \frac{3.14 * 4^2}{4} * 10 = 126 \text{ А}$$

4 Скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n * I_{св}}{3600 * \rho * F_H}, \text{ м/ч} \quad (1.36)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент наплавки равен  $9 \text{ г/А} * \text{ч}$

$\rho$  - плотность наплавленного металла.

$$V_{св} = \frac{9 * 126}{3600 * 7.8 * 0.47} = 3.2 \text{ м/ч}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		37

## 1.7 Технология сборки и сварки емкости для нефтепродуктов

Таблица 1.9 - Технологическая последовательность изготовления изделия

Номер операции	Наименование операции	Содержание операции	Используемое оборудование и режимы
1	2	3	4
1	Транспортировка листов и днищ со склада и контроль качества поверхности металла	3 листа стандартного размера 6000*1500 толщиной 8 мм и днища транспортируется в зону правки и очистки поверхности.	Кран-балка до 3т, подкрановые тележки.
2	Правка	Правка стандартных листов на листоправильной машине для удаления вмятин, серповидности и др.	Листоправильная машина для выравнивания листового металла серии WD UBR
3	Разметка	Разметка металла для резки. Размеры листов 1500*4710мм.	Чертилка, рулетка, угольник
4	Резка	Вырезаются заготовки для обечаек.	Установка плазменной резки MasterCutPR 6000x1500x25
5	Зачистка вырезанных деталей	Зачистка деталей после резки от заусенцев, неровностей поверхности кромок.	Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125 Э»
6	Контроль геометрических размеров	Осуществляется контроль формы и размера деталей в соответствии с чертежами, а также проверяется чистота реза	Линейка, угольник
7	Вальцовка листов в обечайку	Свальцевать из листов 1500*4710*8мм обечайки d=1500мм 3 шт.	Трехвалковая листогибочная машина Акуарак серии АН
8	Сборка продольных стыков обечаек	Свальцованная обечайка d=1500мм устанавливается на стенд для сборки продольных стыков обечайки. Двумя гидравлическими стяжками для совмещения и соединения продольных кромок и гидравлической стяжкой для выравнивания торцевых кромок	Стенд для сборки продольных стыков обечаек. Две гидравлические струбицины для совмещения и соединения продольных кромок и гидравлическая стяжка для выравнивания

Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата
------	-----	----------	---------	------

ДП 44.03.04.758.ПЗ

Лис

38

Продолжение таблицы 1.9

1	2	3	4
		<p>собирается продольный стык. Выполняются прихватки с зазором в 2 мм ручной дуговой сваркой. Прихватываются вводные и выводные планки</p>	<p>торцевых кромок. Инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220». Электроды ЦЛ-11 диаметром 3 мм. Режимы сварки: -сила сварочного тока 92А -напряжение на дуге 23В -прихватка 30/300 мм</p>
		<p>собирается продольный стык. Выполняются прихватки с зазором в 2 мм ручной дуговой сваркой. Прихватываются вводные и выводные планки</p>	<p>торцевых кромок. Инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220». Электроды ЦЛ-11 диаметром 3 мм. Режимы сварки: -сила сварочного тока 92А -напряжение на дуге 23В -прихватка 30/300 мм</p>
9	Контроль сборки	Контроль зазоров	Линейка, мерительная рулетка.
10	Сварка продольных стыков обечаек	Сварка выполняется на установке для сварки цистерны. Сварочный аппарат настраивается на нужные режимы. Сварочная головка устанавливается в свариваемый стык под углом 90°. Сварка ведется на медной съемной подкладке.	Установка для сварки цистерны. Сварочный автомат А-1406 с ВДУ 506. Медная съемная подкладка. Проволока Св-06Х21Н7БТ диаметром 1,6 мм. Смесь газов Ag + 3%O <sub>2</sub> . Режимы сварки: -сила сварочного тока 330А -напряжение на дуге 31,5В -скорость св. 18 м/ч

Продолжение таблицы 1.9

1	2	3	4
11	Зачистка	Удаление брызг от прихваток и окалины от сварки. Удаление вводных и выводных планок	Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»
12	Контроль	Визуальный контроль качества сварного шва	
13	Сборка обечаек между собой и обечаек с днищами	Сборку производят на установке для сборки обечаек с днищами. Сваренные продольным швом обечайки устанавливаются на роликовые опоры. С помощью 2х	Установка для сборки обечаек с днищами. Инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220».
		гидравлических центраторов обечайкам придается правильная форма. Устанавливается зазор между обечайками 2 мм. Прихватки выполняются ручной дуговой сваркой. Выполняется прихватка технологических остающихся подкладок. Аналогичная операция выполняется при сборке обечаек с днищами.	Электроды ЭА-606/11 диаметром 3 мм. Режимы сварки: -сила сварочного тока 92А -напряжение на дуге 23В -прихватка 30/300 мм
14	Контроль сборки	Контроль зазоров	Линейка, мерительная рулетка.
15	Разметка	Разметка для резки отверстия для люка	Чертилка, рулетка, угольник
16	Резка	Резка отверстия для люка	Аппарат воздушно-плазменной резки Мультиплаз 7500
17	Зачистка вырезанного отверстия	Зачистка отверстия после резки от заусенцев, неровностей поверхности кромок.	Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»
18	Сварка обечаек между собой и обечаек с днищами	Сборная деталь устанавливается на стенд для сварки кольцевых швов обечаек с днищами. Сварочный аппарат настраивается на нужные режимы. Сварочная головка устанавливается в свариваемый стык под углом 90°. Сварка обечаек между собой выполняется в 1 проход.	Установка для сварки цистерны. Сварочный автомат А-1406сВДУ 506. Подкладка остающаяся. Проволока Св-06Х21Н7БТ диаметром 1,6 мм. Смесь газов Ag + 3%O <sub>2</sub> . Режимы сварки: -сила сварочного тока 330А -напряжение на дуге 31,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.758.ПЗ

Лист

40

Окончание таблицы 1.9

1	2	3	4
			-скорость сварки 21,6 м/ч
19	Зачистка	Удаление брызг от прихваток и окалины от сварки.	Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»
20	Сборка люка и цистерны	Произвести сборку люка и цистерны	Инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220». Электроды ЭА- 606/11
			диаметром 3 мм. Режимы сварки: -сила сварочного тока 92А -напряжение на дуге 23В -прихватка 30/300 мм
21	Сварка люка и цистерны	Сварка люка производится РДС в 2 прохода	Инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220». Электроды ЭА- 606/11 диаметром 4 мм. Режимы сварки: -сила сварочного тока 126А -напряжение на дуге 23В -скорость сварки 5,6 м/ч
22	Контроль	Визуальный контроль качества сварных швов	
23	Зачистка	Удаление брызг и окалины от сварки	Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»
24	Контроль готового изделия	Производится ультразвуковой контроль сварных швов и визуальный контроль геометрии изделия в соответствии с чертежом	Линейки, угольники, мерительная рулетка, дефектоскоп А1550 Intro Visor
25	Складирование	Готовая цистерна отправляется на склад готовой продукции	Кран-балка до 3т, подкрановые тележки.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		41



### 1.7.1 Оборудование для сборки-сварки цистерны

#### 1. Подвесная Кран-балка до 3 тонн.

Электрический подвесной кран (кран-балка) перемещается на подвесных тележках по двутавровым балкам. Допустимый максимальный пролет такого крана по ГОСТу - 15м, если требуется больший пролет, применяются двухпролетные подвесные краны, имеющие 3 точки подвески.

#### 2. Листопрямляющая машина для выравнивания листового металла серии WD UBR.

Листопрямляющая машина тяжелого типа (листопрямляющие вальцы) серии WD изготовленная по технологии UBR предназначена для правки листового металла путем многократного перегиба.

Применяются листопрямляющие станки в отрасли металлургии, производстве строительных материалов, химической и легкой промышленности, в отрасли кораблестроения, локомотиво и вагоностроения, на заводах металлоконструкций.

Достоинства листопрямляющей машины:

- Вес стана - свыше 62т;
- 9 правильных валков;
- Производит правку металла за один проход;
- Правит начальную и конечную зону листа;
- Правка стальных листов с пределом текучести 270 Н/мм<sup>2</sup> (Ст 3, Ст 20) - 32 мм;
- Правка стальных листов с пределом текучести 360 Н/мм<sup>2</sup> (09Г2С) - 30 мм;
- Минимальная толщина листа для правки - 6 мм.

Валки листопрямляющей установки изготовлены из легированной стали 35ХМ методом проковки.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		42

3. Установка плазменной резки MasterCut PR 6000x1500x25.

Технические характеристики станка плазменной резки MasterCut PR 6000x1500x25:

- Модель Master Cut PR;
- Контроллер Barny Phantom;
- Плазмотрон PowerMax 1650;
- Точность резки, мм - 0.5;
- Точность позиционирования, мм - 0.2;
- Наибольшая толщина реза, мм - 25;
- Размеры стола:
  - ширина, мм - 1500;
  - длина, мм - 6000;
- Габариты:
  - ширина, мм - 2100; длина, мм - 7000; высота, мм - 1300;
- Масса, кг - 1340.

4. Трехвалковая листогибочная машина Акуарак серии АН.

Трехвалковые гидравлические листогибочные машины способны работать с толщиной листа до 70 мм и шириной до 6000 мм.

Основные характеристики данных машин:

- гидравлический привод на все валы;
- гидравлическое привод движения боковых валов;
- управление гидроприводом откидной опоры верхнего вала с контрольной панели;
- привод наклона верхнего вала для снятия согнутых обечаек.

Корпуса машин представляют собой стальные сварные конструкции.

Станина, валы и подшипники, использованные при производстве машин, соответствуют Европейским стандартам качества. Машины отвечают всем нормам СЕ и изготовлены с соблюдением необходимых мер безопасности по электронике и гидравлике.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		43

Использование сферических роликоподшипников позволяет замедлить процесс истирания валов и одновременно улучшить производительные характеристики машин.

Стандартное исполнение:

- Приспособление для гибки конусов;
- Индукционные закаленные валы;
- Цифровой дисплей расположения боковых валов;
- Высокопрочный стальной корпус машины;
- Управление откидной опорой верхнего вала с контрольной панели;
- Управление с контрольной панели движением и настройка параллельности валов;
- Системы защиты от перегрузок;
- Пульт управления;
- Соответствие нормам СЕ.

Дополнительное оборудование:

- Устройство боковой и центральной поддержки для гибки обечаек большого диаметра;
- Удлиненные валы для установки профилегибочных роликов;
- Ролики для гибки профиля;
- Стол подачи материала;
- Сменный верхний вал меньшего диаметра.

Характеристики:

- Рабочая длина валков, мм: 2100
- Макс. толщина листа при гибке, мм: 8
- Макс. толщина листа при подгибке, мм: 4
- Диаметр верхнего вала, мм: 160
- Диаметр боковых валов, мм: 150
- Мощность, кВт: 2,2

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		44

- ДхШхВ, мм: 3475 x 1088 x 1160
  - Вес, кг: 2200
5. Стенд для сборки продольных стыков обечаек.

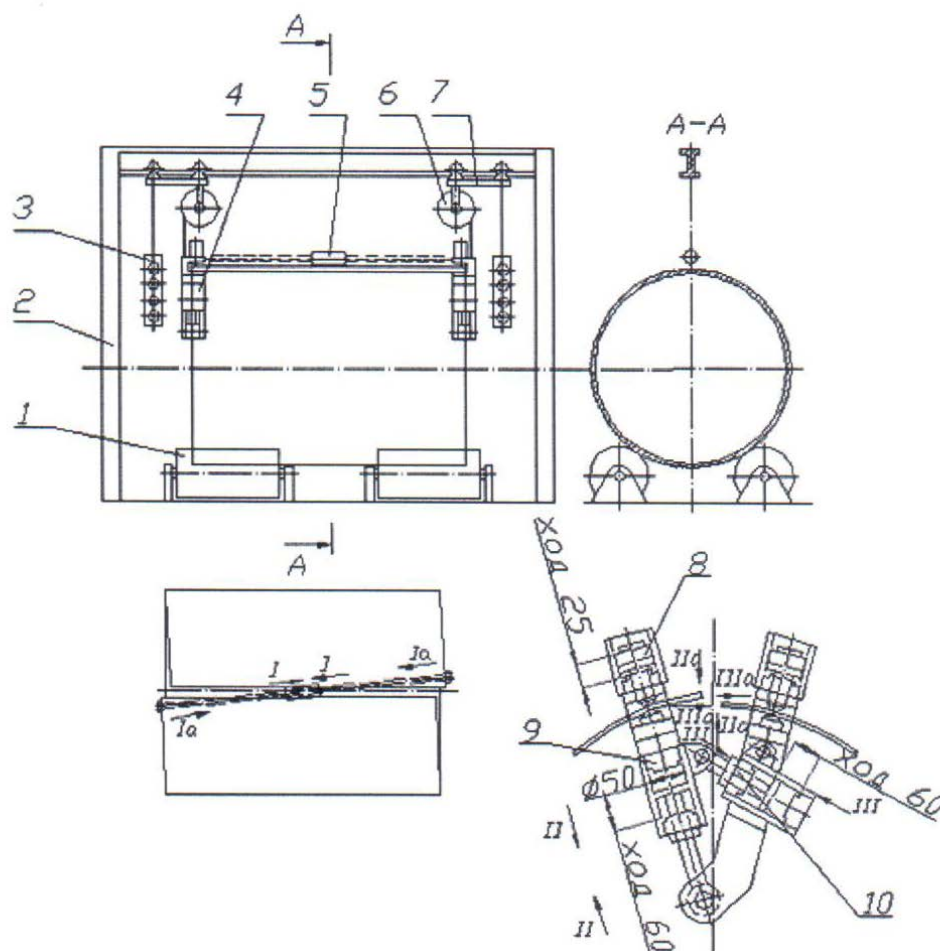


Рисунок 1.9 - Стенд для сборки продольных стыков обечаек

Стенд состоит из портала (2) и двух гидравлических струбцин (4) для совмещения продольных кромок и гидравлической стяжки (5) для выравнивания их торцов. Струбцины (4) с помощью пружинных подвесок (6) закреплены на тележках (7) передвигающихся по раме. На этих же тележках закреплены и панели управления (3). Струбцина (4) аналогична винтовой. Винты заменены гидроцилиндрами - двумя зажимными (8), одним выравнивающим (9) и одним стягивающим (10). Стяжка (5) для торцевых кромок представляет собой гидроцилиндр с двумя цепями, на концах которых имеются крючки зацепляющиеся за кромки обечайки.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		45

6. Установка для сборки обечаек с днищами.

Установка для сборки обечаек с днищами состоит из роликоопор, 3-х гидравлических центраторов и прижима для днища.

7. Установка для сварки обечаек с днищами.

Установка для сварки обечаек с днищами состоит из роликовых опор продольного перемещения, роликовых опор вращения, установки для сварки наружного шва, сварочного аппарата.

8. Сварочный аппарат «Ресанта САИ 220».

Основные характеристики:

Тип: Аппарат сварочный

Торговая марка: РЕСАНТА

Максимальный ток: 220 А

Минимальный ток: 10 А

Мощность: 6.6 кВт

Диапазон рабочего напряжения: 220В (+10%;-30%)

Максимальный потребляемый ток: 30А

Напряжение холостого хода: 80В

Напряжение дуги: 28В

Продолжительность нагружения: 70% 220А

Максимальный диаметр электрода: 5мм

9. Сварочный аппарат А-1406 с ВДУ 506

Сварочный автомат А-1406: ПВ 100%, Øпроволоки сплошной 1,2-5,0 мм., проволоки порошковой 2,0-3,0 мм., подвесной, самоходный автомат. Обеспечивает наплавку открытой дугой, в среде защитного газа, под флюсом.

Автомат подвесной предназначен для дуговой сварки и наплавки сплошной и порошковой проволокой низкоуглеродистых и легированных сталей.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		46

Автомат обеспечивает следующие способы наплавки: в среде защитного газа; открытой дугой порошковой проволокой и лентой; под слоем флюса сплошной проволокой; открытой дугой расщепленным электродом (по спецзаказу).

Сварка производится на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки.

Технические характеристики с ВДУ 506:

Номинальное напряжение сети, В - 380;

Частота тока питающей сети, Гц - 50;

Номинальный сварочный ток, А - 500 (при ПВ=60% 500);

Диапазон регулирования сварочного тока, А - 60 - 500;

Количество электродов, шт - 1;

Диаметр электродной проволоки, мм:

- сплошной 1,2 - 2,0;

- порошковой 2,0- 3,0;

Пределы плавного регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч - 17 - 553;

Вертикальное перемещение сварочной головки:

- ход, мм - 500;

- скорость, м/ч - 29,4;

Поперечное перемещение сварочной головки:

- ход, мм  $\pm 70$ ;

- скорость, м/ч от руки;

Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град  $\pm 30$  ручное;  
Амплитуда колебания электрода при наплавке порошковой проволокой диаметром до 3 мм., 10 - 70 мм;

Масса, кг:

- сварочной головки - 185;

- источника питания - 275;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		47

Габаритные размеры, мм:

- сварочной головки - 1010x890x1725;
- источника питания - 805x600x1030.

10. Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»

Основные характеристики:

- Тип - угловая;
- Питание - от сети;
- Мощность - 1100 Вт;
- Максимальная скорость работы - 11000 об/мин (диск).

Дополнительно:

- Резьба шпинделя - M14;
- Максимальный диаметр диска - 125 мм;
- Дополнительная рукоятка - есть ;
- Прочее - ограничение пускового тока, фиксация шпинделя;
- Длина сетевого кабеля - 5 м.

11. Ультразвуковой дефектоскоп A1550 IntroVisor.

A1550 IntroVisor - универсальный портативный ультразвуковой дефектоскоп-томограф с цифровой фокусировкой антенной решетки и томографической обработкой данных для контроля металлов и пластмасс.

Легкий и удобный в использовании прибор для решения большинства задач ультразвуковой дефектоскопии металлов и пластмасс. Обеспечивает быстрый, комфортный и достоверный поиск дефектов благодаря визуализации внутренней структуры объекта контроля в виде изображения сечения в режиме реального времени, что существенно упрощает и делает более доступной интерпретацию полученной информации по сравнению с обычным дефектоскопом.

Преимущества томографии.

Быстрота и эффективность.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		48

Оперативный и высокопроизводительный поиск дефектов в сварных швах, в изделиях из металлов, пластмасс и композитов с подробным документированием полученных результатов.

Обеспечение визуализации внутренней структуры объекта контроля в режиме реального времени с частотой смены изображения 25 кадров в секунду.

Возможность проведения ультразвукового контроля вдоль линии сварного шва без поперечного сканирования, за счет большого размера апертуры антенных решеток и сканирования виртуальным фокусом на дальние расстояния, что существенно сокращает время на подготовку оклошовной поверхности сварных соединений, повышая производительность контроля.

Обеспечение высокой частоты смены изображений на экране, при которой скорость сканирования вдоль сварного соединения может достигать 50 мм/с.

Простота интерпретации данных.

Визуализация внутренней структуры объекта контроля в виде наглядного и достоверного изображения сечения (В-томограмма) в режиме реального времени с удобными шкалами расстояния и глубины, что существенно упрощает и делает более доступной интерпретацию полученной информации.

Регулировка масштаба изображения в широких пределах: от обзора 250 мм до 5 мм на весь экран.

Автоматические и ручные измерения уровней сигналов и координат дефектов и их размеров.

Возможность измерения реальных размеров дефектов.

Измерение расстояний между образцами несплошностей по экрану.

Высокая достоверность контроля

В основе работы дефектоскопа-томографа лежит принцип цифровой (вычислительной) фокусировки антенной решетки (ЦФА) с получением то-

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		49



мограммсфокусированных в каждую точку сечения, что обеспечивает наилучшее пространственное разрешение и максимальную чувствительность во всей визуализируемой области, а также высокую производительность контроля.

Обеспечение чувствительности к различным типам несплошностей.

Отображение образов вертикально-ориентированных дефектов.

Простота настройки и использования.

Простое и удобное МЕНЮ основных настроек для оперативного выбора и установки параметров рабочей конфигурации под каждый конкретный объект контроля.

Интуитивный интерфейс с клавишами быстрого доступа к основным настройкам и параметрам позволяет быстро освоить работу с прибором.

Доступность работы с прибором специалистам любого уровня квалификации, в том числе, не имеющим предварительной подготовки.

Оперативное переключение между режимами ТОМОГРАФ и ДЕФЕКТОСКОП с соответствующей заменой антенной решетки на классический преобразователь.

Сменные акустические модули антенных решеток.

Универсальность и портативность

Возможность работы как в режиме томографа (В-СКАН), так и в режиме классического дефектоскопа (А-СКАН).

Возможность работы в режиме сканирования вдоль линии сварного шва (С-СКАН) с последующей записью полученных результатов в память прибора.

Небольшие габаритные размеры.

Вес прибора всего 1,9 кг.

Быстросменный литиевый аккумулятор на 8 часов работы.

Большой цветной дисплей обеспечивает представление, как графического образа сечения, так и результатов измерения координат и уровней сигналов.


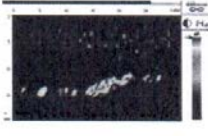

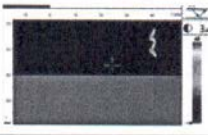

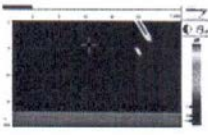

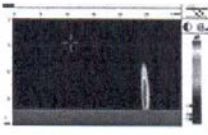
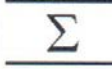

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		50

Защитный чехол, а также комплект ремней «handsfree» делают этот прибор удобным инструментом для работы в труднодоступных местах.

Работоспособность при температурах от  $-10^{\circ}$  до  $+55^{\circ}\text{C}$  позволяет комфортно и эффективно проводить контроль как в цеховых условиях и лабораториях, так и в тяжелых полевых условиях.

Энергонезависимая память для записи томограмм и эхо-сигналов, с возможностью просмотра на ПК без специального программного обеспечения.

Таблица 1.10 - Режимы визуализации томографа А155

Номер режима	Символ	Объект контроля	Отражатель	Озвучивание	Назначение	Томограмма
1		полупространство	"точечный"	прямое	Для изделий сложной формы, не имеющих определенной толщины, либо изделий с грубой донной поверхностью	
2		плита, $10 < d \leq 100$ мм	"точечный"	прямое и отраженное	Для плоскопараллельных изделий с известной толщиной	
3		пластина, $d < 10$ мм	"точечный"	отраженное	Для контроля плоскопараллельных изделий с известной толщиной, объектов малой толщины при определении дефектов вблизи поверхности	
4		плита или пластина, $d < 100$ мм	плоскостный	прямое и отраженное	Для определения вертикально-ориентированных дефектов с гладкой поверхностью, зеркально отражающих ультразвук	
5		плита или пластина, $d < 100$ мм	объемный	прямое и отраженное	Универсальный режим для плоскопараллельных изделий с известной толщиной и всех типов несплошностей	

Связь по USB для вывода записанных данных на внешний компьютер. Специализированное программное обеспечение для приема данных из прибора, дальнейшей обработки, документирования в виде томограмм и эхо-сигналов с параметрами контроля и последующего архивирования.

### Режимы визуализации.

В томографе А1550 реализованы пять режимов визуализации образов несплошностей, адаптированных к их виду. Данные режимы выбираются в зависимости от различных задач контроля и специфики объекта. Для простой идентификации этих режимов используются символы, приведенные в таблице 1.10, там же указаны основные характеристики режимов

12. Аппарат воздушно-плазменной резки Мультиплаз 7500 Мультиплаз 7500 один из лучших в своем классе аппаратов воздушно-плазменной резки. Он позволяет обрабатывать материалы толщиной до 25 мм.

Суть процесса, происходящего в этом типе плазматрона, следующая. Внутри ствола резака, между соплом-анодом и катодом, зажигается электрическая дуга, которая ионизирует подающийся воздух.

Таблица 1.11 - Технические характеристики Мультиплаз-7500

Входное напряжение, трех-фазное	В	380 ± 10%
Частота питающей сети	Гц	50-60
Входная мощность	КВА	7,5
Напряжение холостого хода	В	280
Диапазон тока	А	20-55
Номинальное выходное напряжение	В	120
Коэффициент загрузки	%	100
К.П.Д.	%	85
Коэффициент потерь	COS ф	0.93
Класс изоляции		В
Класс защиты		IP21
Метод запуска дуги		Бесконтактный
Давление подаваемого сжатого воздуха	МПа	0,5
Расход сжатого воздуха	л/мин	250
Габариты источника питания (Д x Ш x В)	мм	560x210x 370
Вес источника питания	кг	210
Вес горелки с кабель-шлангом	кг	4,8
Длина кабель-шланга	м	9
Толщина разрезаемого стального листа	мм	до 25

Из сопла вырывается высокоскоростная плазменная струя с температурой до 10000°С, с помощью которой и осуществляется процесс резки. Высокая скорость и напор струи позволяет эффективно выдувать образующийся грат, а маленький диаметр факела обеспечивает высокую концентрацию энергии в зоне реза.

### 1.7.2 Контроль качества сварных соединений

Задачей контроля является проверка изделия на прочность, установление материала нормативам, заданным размерам, обработке, а также отсутствия дефектов (ГОСТ 30242-97, ДСТУ 3491-96).

Классификация методов контроля (ГОСТ 3242-79). Методы контроля сварных соединений разделяют на две основные группы: неразрушающий контроль (НК) и разрушающий контроль (РК).

Неразрушающий контроль (НК) (ГОСТ 18353-79):

1. Визуально-оптический метод (ГОСТ 23479-79, ДСТУ ISO 17637-2003).
2. Радиационная дефектоскопия (ГОСТ 7512-82, ГОСТ 23055-78, ДСТУ EN 12517-2002).
3. Ультразвуковая дефектоскопия (ГОСТ 14782-86, ДСТУ 4001,4002-2000).
4. Магнитная и электромагнитная дефектоскопия (ГОСТ 21105-87, ДСТУ EN 1290, 1291-2002).
5. Капиллярная дефектоскопия (ГОСТ 18442-80, ДСТУ EN 1289-2002).
6. Дефектоскопия течеисканием (ГОСТ 3285-77).
7. Прочие методы.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		53

## Разрушающий контроль (РК) (ГОСТ 6996-66):

1. Механические испытания.
2. Металлография и химический анализ.
3. Коррозионные испытания.
4. Испытания на свариваемость.

Визуально-оптический метод контроля. Визуальный метод контроля является старейшим и продолжает играть важнейшую роль. Контроль сварного соединения начинается с внешнего осмотра шва - суть визуального контроля.

Внешний осмотр производится как невооруженным глазом, так и при помощи технических приспособлений (обзорные, налобные, телескопические лупы, для недоступных наблюдению невооруженным глазом швов используют оптические приборы - эндоскопы, перископы и др.). Преобразователи визуальной информации в телеметрическую позволяют контролировать состояние сварочной ванны расплавленного металла в процессе сварки, наблюдать за электронным лучом в вакуумной камере и др.

Внешнему осмотру подлежит все изделие и его сварные соединения для выявления в них всевозможных дефектов заготовок и сборки и дефектов формирования швов на поверхности: неравномерности высоты и ширины швов, чрезмерной чешуйчатости, наплывов, подрезов, чрезмерному усилению или ослаблению швов, незаваренных кратеров, прожогов, шлаковых включений и пористости, осевых смещений и изломов оси цилиндрических элементов и др. ВК предельно прост и доступен; позволяет получить до 50% информации о качестве соединения и о ходе технологического процесса, но зависит от квалификации и ответственности проверяющего.

Радиационная дефектоскопия. Различают: рентгенографию и гаммаграфию. Лучи обладают большой проникающей способностью, Контроль радиационными методами основан на изменении мощности излучения при

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

прохождении ими материала в зависимости от его толщины и плотности. Источником рентгеновских лучей служит рентгеновская трубка, где излучение возникает при бомбардировке быстрыми электронами анода.

Место торможения называется фокусом рентгеновской трубки, из которой X-лучи, распространяются во все стороны прямолинейно.

Источником лучей служат ядра искусственных или естественных радиоактивных веществ. Изготавливаются такие вещества в виде таблеток или капсул и помещаются в специальный аппарат-источник излучения.

Используют изотопы: и др.

Для выявления дефектов в сварных швах используют следующую схему просвечивания: с одной стороны объекта устанавливают источник излучения, с другой - детектор, фиксирующий результаты просвечивания. Детектором чаще всего служит рентгеновская пленка, но применяют и более совершенные средства.

Данным проектом предусмотрена ультразвуковая дефектоскопия.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		55

## 2 Экономический раздел

В ВКР спроектирован технологический процесс сборки и сварки цистерны, изготавливаемой из стали марки 08X18H10T с применением автоматической сварки в среде защитных газов.

По базовому варианту работа выполнялась ручной дуговой сваркой. При этом для сборки и сварки использовалась: установка для сборки обечаек с днищами, роликовые опоры, 2 гидравлических центратора, инверторный сварочный аппарат «Ресанта САИ 220», выпрямитель ВДУ-506, электроды ЦЛ-11 диаметром 4 мм.

Проектируемая технология предполагает замену ручной дуговой сварки цистерны на автоматическую сварку в смеси газов  $Ag + 3\%O_2$ .

### 2.1 Определение капиталобразующих инвестиций

#### 2.1.1 Определение технологических норм времени на сварку продольных швов обечаек, кольцевых швов обечаек и обечайки с днищем

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

$$T_{шт.к} = t_{осн} + t_{пз} + t_{в} + t_{обс} + t_{п}, \quad (2.1)$$

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

$t_{осн}$  - основное время, ч.;

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

$t_{в}$  - вспомогательное время, ч.;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		56

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

$t_{п}$  - время перерывов на отдых и личные надобности, ч.

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

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

где  $L_{шв}$  - сумма длин всех швов, м  $\sum L_{шв} = 23,34$  м;

$V_{св}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 19,8$  м/ч;

$V_{св}$ - скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 5,76$  м/ч.

Определяем основное время по формуле (2.2) для обоих вариантов

$$t_{осн} = \frac{23.34}{5.76} = 4,05 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{осн} = \frac{23.34}{19.8} = 1.2 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

Подготовительно-заключительное время ( $t_{пз}$ ) 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  $t_{пз}$  делится на количество деталей, выпущенных в смену. Примем:

$$t_{пз} = 10\% \text{ от } t_{осн}$$

$$t_{пз} = 0,405 \text{ ч (базовый вариант)}$$

$$t_{пз} = 0,12 \text{ ч (проектируемый вариант)}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		57



Вспомогательное время ( $t_v$ ) включает в себя время на заправку кассеты с электродной проволокой  $t_3$ , осмотр и очистку свариваемых кромок  $t_{кр}$ , очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$ , клеймение швов  $t_{кл}$ , установку и поворот изделия, его закрепление  $t_{уст}$ :

$$T_v = t_3 + t_{кр} + t_{бр} + t_{уст} + t_{кл} \quad (2.3)$$

При полуавтоматической и автоматической сварке во вспомогательное время входит время на заправку кассеты с электродной проволоки. Это время можно принять равным

$$t_3 = 5 \text{ мин} = 0,083 \text{ ч.}$$

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

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

где  $n_c$  - количество слоев при сварке за несколько проходов;

$L_{шв}$  длина шва, м,  $L_{шв} = 23, 34$  м.

Рассчитываем время зачистки кромок или шва по формуле (2.4)

$$t_{кр} = 23,34 \cdot 0,6 = 14 \text{ мин (проектируемый вариант)}$$

$$t_{кр} = 23,34 \cdot (0,6 + 1,2 \cdot (2 - 1)) = 42 \text{ мин (базовый вариант)}$$

Время на очистку швов от шлака и брызг  $t_{бр}$  рассчитываем по формуле

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

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
						58
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{бр} = 23,34 * 0,6 = 14 \text{ мин. (проектируемый вариант)}$$

$$t_{бр} = 23,34 * (0,6 + 1,2 * (2 - 1)) = 42 \text{ мин. (базовый вариант)}$$

Время на установку клейма ( $t_{кл}$ ) принимают 0,03 мин. на 1 знак,  $t_{кл} = 0,21$  мин.

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

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

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

$$t_{уст} = 0,14 \text{ ч.}$$

Таким образом рассчитываем значение  $t_{в}$

$$t_{в} = 0,083 + 0,14 + 0,14 + 0,21 + 0,14 = 0,713 \text{ ч. (проектируемый вариант)}$$

$$t_{в} = 0,083 + 0,42 + 0,42 + 0,21 + 0,14 = 1,273 \text{ ч. (базовый вариант)}$$

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

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

Рассчитываем время на обслуживание рабочего места ( $t_{обс}$ ) по формуле (5.5) для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 4,05 = 0,28 \text{ ч.}$$

$$t_{обс} = 0,07 \cdot 1,2 = 0,084 \text{ ч.}$$

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

$$t_{п} = 0,07 \cdot t_{осн} \quad (2.7)$$

Рассчитываем  $t_{п}$  по формуле (2.7) для базового и проектируемого вариантов соответственно

$$t_{п} = 0,07 \cdot 4,05 = 0,28 \text{ ч.}$$

$$t_{п} = 0,07 \cdot 1,2 = 0,084 \text{ ч.}$$

Таким образом, расчет общего времени  $T_{шт-к}$  на выполнение сварочной операции по обоим вариантам производим по формуле (2.1)

$$T_{шт-к} = 4,05 + 0,405 + 1,273 + 0,28 + 0,28 = 6,29 \text{ ч.}$$

$$T_{шт-к} = 1,2 + 0,12 + 0,713 + 0,084 + 0,084 = 2,2 \text{ ч.}$$

$$T_{шт-к} = 6,29 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$T_{\text{шт-к}} = 2,2 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

Определяем *общую трудоемкость годовой производственной программы*  $T_{\text{произв. пр.}}$  сварных конструкций по операциям техпроцесса по формуле (2.8)

$$T_{\text{произв. пр.}} = T_{\text{шт.к}} \cdot N \quad (2.8)$$

где  $N$  — годовая программа, шт., в нашем случае  $N = 100$  шт.

$$T_{\text{произв. пр.}} = 6,29 \cdot 1000 = 6290 \text{ ч. (базовый вариант);}$$

$$T_{\text{произв. пр.}} = 2,2 \cdot 1000 = 2200 \text{ ч. (проектный вариант).}$$

### 2.1.2 Расчет количества оборудования и его загрузки

Требуемое количество оборудования рассчитывается по данным техпроцесса.

Рассчитываем количество оборудования по операциям техпроцесса  $C_p$ , по формуле (2.9):

$$C_p = \frac{T_{\text{произв. пр.}}}{\Phi \delta \cdot K_n} \cdot 100 \quad (2.9)$$

где  $\Phi \delta$  - действительный фонд времени работы оборудования, час. ( $\Phi \delta = 1914$  час.);

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

62 90

$$C_p = \frac{6290}{1914 \cdot 1,2} \cdot 100 = 2.74; \text{ примем } C_p = 3 \text{ шт. (базовый вариант);}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$C_p = \frac{2200}{1914 * 1,2} * 100 = 0,96; \text{ примем } C_{\text{п}} = 1 \text{ шт. (проектируемый вариант).}$$

Принятое количество оборудования  $C_{\text{п}}$  определяем путём округления расчётного количества в сторону увеличения до ближайшего целого числа. Следует иметь в виду, что допускаемая перегрузка рабочих мест не должна превышать 5 - 6%. Таким образом, по базовой технологии используются три аппарата для сварки. По новой измененной технологии достаточно одного аппарата для автоматической сварки в среде защитного газа.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  производим по формуле (2.10):

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{п}}} \quad (2.10)$$

где  $K_3$  - коэффициент загрузки оборудования;

$C_p$  — количество оборудования по операциям техпроцесса, шт.

$C_{\text{п}}$  — принятое количество оборудования, шт.

$$K_3 = \frac{2,74}{3} = 0,91 \quad (\text{базовый вариант});$$

$$K_3 = \frac{2,70,964}{1} = 0,96 \quad (\text{проектируемый вариант}).$$

Коэффициент загрузки оборудования равен 1, так как оборудование и техоснастка не используется на других работах этого предприятия.

Необходимо стремиться к тому, чтобы средний коэффициент загрузки оборудования был, возможно, ближе к единице.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		62

### 2.1.3 Расчет капитальных вложений

Для проведения расчета балансовой стоимости оборудования необходимо знать цену приобретения выбранного в технологии оборудования. Для этого представляем исходные данные в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 - Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Базовый вариант	Проектируемый вариант
1	2	3	4
Годовая производственная программа выпуска	шт.	100	100
Подвесная Кран-балка до 3 тонн	руб./шт.	200000	200000
Листопрямляющая машина для выравнивания листового металла серии WD UBR	руб./шт.	500000	500000
Установка плазменной резки MasterCut PR 6000x1500x25	руб./шт.	1000000	1000000
Трехвалковая листогибочная машина Акуарак серии АН	руб./шт.	600000	600000
Стенд для сборки продольных стыков обечаек	руб./шт.	1200000	1200000
Углошлифовальная машинка «Энкор УШМ-1100/125Э»	руб./шт.	10000	10000
Ультразвуковой дефектоскоп А1550 Intro Visor	руб./шт.	30000	30000
Сварочный аппарат «Ресанта САИ 220», Ц <sub>опт</sub> , 3 шт.	руб./шт.	30000	
Выпрямитель ВДУ-506	руб./шт.	80000	
Сварочный автомат А-1406 с источником питания ВДУ-506	руб./шт.	-	550000
Центратор	руб./шт.	785000	785000
Сталь 12Х12Н9Т, Ц <sub>км</sub>		189000	189000
электроды марки ЭА-606/11, 0 4 мм, Ц <sub>о.р.м</sub>		800	
Сварочная проволока Св-06Х21Н7БТ, 0 1,6 мм, Ц <sub>о.р.м</sub>			200
защитный газ (смесь Аг+3%02), Цзг			7,20
Расход защитного газа	л/мин.		10
Тариф на электроэнергию, Ц <sub>эл</sub>	руб./кВт-час.	3,16	3,16
Длина сварного шва	м	23,34	23,34
Положение шва		нижнее	нижнее
Условия выполнения работы		стационарные	стационарные
Квалификационный разряд электросварщика разряд		3	4

**Рассчитываем балансовую стоимость оборудования** при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле (2.11):

$$K_{обj} = C_{обj} \cdot (1 + K_{тз}), \text{ руб.} \quad (2.11)$$

где  $K_{обj}$  - цена приобретения единицы  $j$ -ого оборудования, руб.;

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

Базовый вариант:

$$K_{обj} = 110000 \cdot (1 + 0,12) = 123200 \text{ руб.}$$

Проектируемый вариант:

$$K_{обj} = 550000 \cdot (1 + 0,12) = 616000 \text{ руб.}$$

Определяем по формуле (2.12) капитальные вложения в оборудование для выполнения годового объема работ по вариантам:

$$K_{об} = \sum K_{обj} \cdot C_{пj} \cdot K_{зj} \quad (2.12)$$

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

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

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

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$K_{об} = 123200 \cdot 3 \cdot 1 = 369600 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$K_{об} = 616000 \cdot 1 \cdot 1 = 616000 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Расчеты капитальных вложений по вариантам

Статьи расчетов	Базовый вариант	Проектируемый вариант
Оптовая цена единицы оборудования, руб.	123200	5845000
Количество единиц оборудования, шт.	3	1
Балансовая стоимость оборудования (стоимость приобретения с расходами на монтаж и пуско-наладочные работы), руб.	123200	616000
Суммарные капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.	369600	616000

### 2.2.1 Расчет технологической себестоимости изделия

Технологическая себестоимость формируется из прямых затрат, связанных с расходованием ресурсов при проведении сварочных работ в цехе. Расчет технологической себестоимости проводим по формуле (2.13)

$$C_T = M_3 + Z_3 + Z_{пр}, \quad (2.13)$$

где  $M_3$  - затраты на все виды материалов, основных, комплектующих и полуфабрикатов;

$Z_3$  - затраты на технологическую электроэнергию (топливо);

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



## Расчет материальных затрат

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

Материальные затраты ( $M_3$ , руб.) рассчитываются по формуле (2.14).

$$M_3 = C_{o.m} + C_{\text{эн}} + C_{\text{др.}} \quad (2.14)$$

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

$C_{\text{эн}}$  - стоимость электроэнергии при выполнении технологической операции сварки металлоизделия, руб.

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

Стоимость основных материалов ( $C_{o.m}$ , руб.) с учетом транспортно-заготовительных расходов рассчитывается по формуле (2.15).

$$C_{o.m} = [C_{k.m} + C_{\text{св.пр}} + (C_{3г} + C_{\text{св.фл.}})] \cdot K_{\text{тр}} \quad (2.15)$$

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

Стоимость конструкционного материала ( $C_{k.m}$ )

Затраты на конструкционный материал, которым является сталь 12X18H9T.

$$C_{k.m} = m_k \cdot \Pi_{k.m}, \quad (2.16)$$

где  $m_k$  - масса конструкции, т;

$\Pi_{k.m}$  - цена одной тонны конструкционного материала, руб.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$C_{к.м} = 1,7 * 189000 = 321300 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкционного материала составляет 321300 руб. как для базового, так и проектируемого вариантов.

Расчет затрат на электродную проволоку Св-06Х21Н7БТ и электроды проводим по формуле (2.17).

$$C_{св.пр} = M_{нм} \cdot \Psi \cdot C_{с.п.} \cdot K_{тр}, \text{ руб.} \quad (2.17)$$

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

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

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

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

Масса наплавленного металла  $M_{нм}$  рассчитывается по формуле (2.18):

$$M_{нм} = V_{нм} \cdot P_{нм}, \quad (2.18)$$

где  $V_{нм}$  - объем наплавленного металла,  $см^3$ ;

$P_{нм}$  - плотность наплавленного металла, г/см ( $P_{стали} = 7,8 \text{ г/см}$ ).

$$M_{нм} = 933,6 \cdot 7,8 = 7282 \text{ г} = 7,282 \text{ кг}$$

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

$$V_{нм} = L_{шв} \cdot F_0, \quad (2.19)$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
						67
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $F_0$  - площадь поперечного сечения наплавленного металла,  $\text{см}^2$ ;  
 $L_{\text{шв}}$  - длина сварного шва, см.

$$V_{\text{нм}} = 2334 \cdot 0,4 = 933,6 \text{ см}^2$$

Производим расчеты  $C_{\text{св.пр}}$  на изготовление одной металлоконструкции по формуле (2.17):

$$C_{\text{св.пр}} = 7,282 \cdot 1,2 \cdot 800 \cdot 1,05 = 7340,26 \text{ руб. (базовый вариант)}$$

$$C_{\text{св.пр}} = 7,282 \cdot 1,2 \cdot 200 \cdot 1,05 = 1835,06 \text{ руб. (проектируемый вариант)}$$

Расчет затрат на защитный газ проводим по формуле (2.20).

$$C_{\text{дг}} = t_{\text{осн}} \cdot q_{\text{зг}} \cdot K_{\text{р}} \cdot C_{\text{зг(фл)}} \cdot K_{\text{тр}} \quad (2.20)$$

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

$q_{\text{зг}}$  - расход флюса, защитного газа, кг/ мин; л/мин.;

$K_{\text{р}}$  - коэффициент расхода флюса, газа;

$$K_{\text{р}} = 1,1;$$

$C_{\text{зг(фл)}}$  - цена газа за один литр, флюса за 1 кг, руб.;

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

$$t_{\text{осн}} = \frac{23,34}{5,76} = 4,05 \text{ ч} = 243 \text{ мин. (базовый вариант)}$$

$$t_{\text{осн}} = \frac{23,34}{19,8} = 1,2 \text{ ч} = 72 \text{ мин. (проектируемый вариант)}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		68

Расход защитного газа  $q_{зг} = 10$  л/мин.

$C_{зг} = 72 \cdot 10 \cdot 1,1 \cdot 5,9 \cdot 1,05 = 4906,44$ руб. (проектируемый вариант-защитная смесь  $Ag + 3\%O_2$ ).

Статья «Топливо и энергия на технологические цели» ( $C_{эн}$ , руб.) включает затраты на все виды топлива и энергии, которые расходуются в процессе производства данной продукции (силовая энергия).

**Расчет затрат на электроэнергию** на операцию проводим по формуле (2.21)

$$Z_3 = \alpha_3 \cdot W \cdot C_э, \text{руб.} \quad (2.21)$$

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

$W$ - расход электроэнергии,  $кВт-ч$ ;

$C_э$ - цена за 1  $кВт-ч$ ;  $C_э = 3,16$  кВт/ч.

$$Z_3 = 8 \cdot 7,282 - 3,16 = 184,09 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_3 = 5 \cdot 7,282 - 3,16 = 115,06 \text{ руб. (проектируемый вариант);}$$

Материальные затраты ( $M_3$ ) на основные материалы на одно изделие (исключаем затраты на основной конструкционный материал) рассчитываются по формуле (2.22):

$$M_3 = C_{о.м} + C_{эн} + C_{др}, \quad (2.22)$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		69

По базовому варианту:

$$M_3 = 7340,26 + 184,09 = 7524,35 \text{ руб.}$$

По проектируемому варианту:

$$M_3 = 1835,06 + 4906,44 + 115,06 = 6856,56 \text{ руб.}$$

Расчет численности производственных рабочих. Определяем численность производственных рабочих (сборщиков, сварщиков). Численность основных рабочих  $Ч_{OP}$  определяется для каждой операции по формуле (2.23):

$$Ч_{OP} = \frac{T_{\text{произв.пр}}}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_B} \quad (2.23)$$

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

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

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

$$Ч_{OP} = \frac{6290}{1870 \cdot 1,1} = 3,05 \text{ примем } Ч_{op} - 4 \text{ чел. (базовый вариант)}$$

$$Ч_{OP} = \frac{2200}{1870 \cdot 1,1} = 1,07 \text{ примем } Ч_{op} = 2 \text{ чел. (проектируемый вариант)}$$

Число рабочих округляется до целого числа с учетом количества оборудования. По базовой технологии работает 4 сварщика, по новой измененной технологии работают 2 сварщика.

При поточной организации производства число основных рабочих определяется по числу единиц оборудования с учетом его загрузки, воз-

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		70

возможного совмещения профессий и планируемых невыходов по уважительным причинам.

### **Расчет заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды**

Этот раздел предусматривает расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих, отчислений на социальные нужды (социальных взносов), т.е. налоговых выплат, включаемых в себестоимость.

Расходы на оплату труда ( $Z_{пр}$ ) рассчитываются по формуле (2.24).

$$Z_{пр} = Z_{по} + Z_{пд} \quad (2.24)$$

где  $Z_{по}$  - основная заработная плата, руб.;

$Z_{пд}$  - дополнительная заработная плата, руб.

Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих ( $Z_{пр}$ ) с отчислениями на социальное страхование на изготовление единицы изделия определяется по формуле (2.25).

$$Z_{пр} = P_{сд} \cdot K_{пр} \cdot K_{д} \cdot K_{сс} + D_{вр} \quad (2.25)$$

где  $P_{сд}$  - суммарная сдельная расценка за единицу изделия, руб.;

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

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

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

$K_{д}$  - коэффициент, определяющий размер дополнительной заработной платы,  $K_{д} = 1,2$ .

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		71

Тарифная ставка зависит от квалификации сварщика:  $T_{ст}$  сварщика ручной дуговой сварки - 50 руб./час,  $T_{ст}$  сварщика автоматической сварки - 60 руб./час.

Рассчитанное  $T_{шт-к} = 6,29$  ч. = 377,4 мин. (базовый вариант);

$T_{шт-к} = 2,2$  ч. = 132 мин. (проектируемый вариант).

Суммарная сдельная расценка на изготовление единицы изделия ( $P_{сд}$ ) определяется по формуле:

$$P_{сд} = \frac{T_{ст} \cdot T_{шт-к}}{60} \quad (2.26)$$

где  $T_{ст}$  - тарифная ставка, руб./час.;

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляционное время выполнения сварочных работ в расчете на одно металлоизделие, мин.

$$P_{сд} = \frac{50 \cdot 377,4}{60} = 314,5 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{сд} = \frac{60 \cdot 132}{60} = 132 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Доплата за вредные условия труда рассчитываются по формуле (2.27)

$$D_{вр} = \frac{T_{ст} - G_{вр} - (0,1 \dots 0,31)}{100 \cdot 60} \quad (2.27)$$

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

$T_{ст}$  - тарифная месячная ставка, руб.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		72

$T_{вр}$  - время работы во вредных условиях труда, мин.  $T_{вр} = T_{шх-к} (0,1 \dots 0,31)$ , мин.;

Коэффициент в пределах (0,10...0,31).

$$D_{вр} = \frac{50 \cdot 377,4 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,63 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$D_{вр} = \frac{60 \cdot 132 \cdot 0,2}{100 \cdot 60} = 0,26 \text{ (проектируемый вариант);}$$

$$Z_{пр} = 314,5 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,63 = 386,36 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{пр} = 132 \cdot 1,5 \cdot 1,3 + 0,26 = 66,92 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Рассчитываем дополнительную заработную плату производственных рабочих при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии по формуле (2.28):

$$Z_{пд} = K_d \cdot Z_{по} \cdot K_{сс} \quad (2.28)$$

где  $Z_{пд}$  - выплаты, предусмотренные законодательством за непроработанное на производстве время, руб.;

$Z_{по}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$K_d$  - коэффициент дополнительной заработной платы.  $K_d = 1,13$ ;

$K_{сс}$  - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные взносы.  $K_{сс} = 1,3$ .

$$Z_{пд} = 1,13 \cdot 3860,14 \cdot 1,3 = 5670,56 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{пд} = 1,13 \cdot 667,33 \cdot 1,3 = 980,31 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		73



Расходы на заработную плату основных рабочих при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, рассчитанные по формуле (2.23), составляют:

$$Z_{\text{пр}} = 2859,48 + 6671,44 = 9530,92 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$Z_{\text{пр}} = 1717,06 + 4006,46 = 5723,52 \text{руб. (проектный вариант).}$$

Приведем расчетные данные технологической себестоимости  $C_{\text{T}}$  изготовления годового объема выпуска металлоконструкций ( $N = 100$  шт.) в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Данные для расчета технологической себестоимости изготовления годового выпуска металлоконструкций

Статьи затрат	Базовый вариант	Проектный вариант
Затраты на основные материалы, $C_{\text{о.м}}$ , руб.	32882435	32815656
Затраты на технологическую электроэнергию (топливо), $C_{\text{эн}}$ , руб.	184090	115060
Затраты на заработную плату с отчислениями на социальные нужды (социальный взнос), $Z_{\text{пр}}$ , руб.	953920	572352
Технологическая себестоимость годового выпуска, $C_{\text{T}}$ руб.	34020445	33503041

### 2.2.2 Расчет полной себестоимости изделия

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

Производственная себестоимость ( $C_{\text{пр}}$ , руб.) включает затраты на

Производствопродукции, обслуживание и управление производством, расчет  $C_{\text{пр}}$  проводят по формуле (2.29):

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{т}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{хоз}} \quad (2.29)$$

где  $C_{\text{т}}$  - технологическая себестоимость, руб.;

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

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

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (2.30).

$$P_{\text{пр}} = C_{\text{А}} + C_{\text{р}} + P_{\text{пр}} \quad (2.30)$$

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

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

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

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

- оплату труда управленческого и обслуживающего персонала цехов, вспомогательных рабочих;
- амортизацию оборудования;
- ремонт основных средств;
- охрану труда работников;
- содержание и эксплуатацию оборудования, сигнализацию, отопление, освещение, водоснабжение цехов и др.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		75

Затраты на амортизацию оборудования. Рассчитываем по формуле (2.31)

$$C_A = \frac{K_{об} * N_A * n_0 * T_{шт-к}}{100 * \Phi_D * K_B} \quad (2.31)$$

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

$N_A$  - норма годовых амортизационных отчислений, %; для механизированной сварки  $N_A = 14,7 \%$ ;

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

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

$K_0$  - коэффициент загрузки оборудования,  $K_0 = 0,9$ ;

$n_0$  - количество оборудования, шт.;

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

Затраты на амортизацию при базовом варианте технологии изготовления металлоконструкции и проектируемом варианте технологии, приходящиеся на одно изделие по формуле (2.31):

$$C_A = \frac{123200 * 14,7 * 3 * 6,29}{100 * 1914 * 1,1} = 162,32 \quad \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$C_A = \frac{616000 * 14,7 * 1 * 2,2}{100 * 1914 * 1,1} = 94,62 \quad \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание оборудования рассчитываем по формуле (2.32):

$$C_P = \frac{K_{об} * D}{100} \quad (2.32)$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		76

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

$C_p = \frac{369600 \cdot 3}{100} = 11079$  руб./на производственную программу или 11,08  
руб в расчете на одно металлоизделие (11079 руб./100шт), - базовый вари-  
ант;

$C_p = \frac{616000 \cdot 3}{100} = 18480$  руб./на производственную программу или 18,48  
руб./на металлоконструкцию (18480 руб./100шт), - проектируемый вариант.

Расходы на содержание производственных помещений (отопление,  
освещение) определяются формуле (2.33):

$$P_{пр} = \frac{\%P_{пр} \cdot Z_{по}}{100} \quad (2.33)$$

где  $Z_{по}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$\%P_{пр}$  - процент общепроизводственных расходов на содержание про-  
изводственных помещений и прочих цеховых расходов, %.  $P_{пр}$

$$P_{пр} = \frac{953920 \cdot 10}{100} = 95392 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{пр} = \frac{572352 \cdot 10}{100} = 57235 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Общепроизводственные расходы определяются по формуле (2.34):

$$P_{пр} = C_A + C_p + P_{пр}, \quad (2.34)$$

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

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

$P_{пр}$  - расходы на содержание производственных помещений (отопле-  
ние, освещение).

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		77

$$P_{\text{пр}} = 162,32 + 11079 + 95392 = 106633,32 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{пр}} = 94,62 + 18480 + 57235 = 75809,62 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

В статью «Общехозяйственные расходы» ( $P_{\text{хоз}}$ , 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 (2.35).

$$P_{\text{хоз}} = \frac{\%P_{\text{хоз}} \cdot Z_{\text{по}}}{100} \quad (2.35)$$

где  $Z_{\text{по}}$  - основная заработная плата производственных рабочих, руб.;  $\% P_{\text{хоз}}$  - процент общехозяйственных расходов, %.

$$\%P_{\text{хоз}} = 25.$$

$P_{\text{хоз}}$  при изготовлении одной металлоконструкции:

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 386,36}{100} = 96,59 \text{ руб. (базовый вариант);}$$

$$P_{\text{хоз}} = \frac{25 \cdot 66,92}{100} = 57,95 \text{ руб. (проектируемый вариант).}$$

Производственная себестоимость годового выпуска металлоконструкций при базовом и проектируемом варианте технологии,  $C_{\text{пр}}$  рассчитывается по формуле (2.29):

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
						78
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

$C_{\text{пр}} = 34020445 + 106633,32 + 96590 = 34223698,32$ руб. (базовый вариант);

$C_{\text{пр}} = 33503041 + 75809,62 + 57950 = 33578850,62$ руб. (проектируемый вариант).

Расчет коммерческих расходов. В статью «Коммерческие расходы» ( $P_k$ , руб.) включаются расходы на производство или приобретение тары упаковку, погрузку продукции и доставку её к станции, рекламу, участие в выставках. Эти расходы рассчитываются по формуле (2.36):

$$P_k = \frac{\%P_k * C_{\text{пр}}}{100} \quad (2.36)$$

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

$$P_k = \frac{0,1 * 34223698,32}{100} = 34223,69 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$P_k = \frac{0,1 * 33578850,62}{100} = 33578,85 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Полная себестоимость годового объема выпуска металлоконструкций ( $C_{\text{п}}$ ) включает затраты на производство ( $C_{\text{пр}}$ ) и коммерческие расходы ( $P_k$ ) и рассчитывается по формуле (2.37):

Расчет полной себестоимости изготовления металлоконструкций,  $C_{\text{п}}$  производим по формуле:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пр}} + P_k, \quad (2.37)$$

где  $P_k$  - коммерческие расходы, руб.

$$C_{\text{п}} = 34223698,32 + 34223,69 = 34257922,01 \text{руб. (базовый вариант);}$$

$$C_{\text{п}} = 33578850,62 + 33578,85 = 33612429,47 \text{руб. (проектируемый вариант).}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 - Калькуляция полной себестоимости годового выпуска изготавливаемых металлоконструкций по сравниваемым вариантам

Наименование статей калькуляции	Значение, руб.		Отклонения, руб.
	Базовый вариант	Проектируемый вариант	
Объем годового выпуска продукции, N, шт.	100	100	0
Материальные затраты, М <sub>з</sub>	32882435	32815630	-66805
Заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, З <sub>пр</sub>	953920	572352	-381568
Технологическая себестоимость С <sub>т</sub> , руб.	34020445	33503041	-517404
Общепроизводственные расходы, Р <sub>пр</sub>	106663,32	75809,62	-30853,7
Общехозяйственные расходы, Р <sub>хоз</sub>	96590	57950	-38640
Производственная себестоимость, С <sub>пр</sub>	34223698,32	33578850,62	-644847,7
Коммерческие расходы, Р <sub>к</sub>	34223,69	33695,03	-528,66
Полная себестоимость, С <sub>п</sub>	34257922,01	33612429,47	-645492,54

### 2.3 Расчет основных показателей сравнительной эффективности

Расчет основных показателей сравнительной эффективности проводим согласно конструкторско-технологических усовершенствований, обеспечивающих выполнение сварочных работ для металлоконструкций, используемых в качестве товарной продукции, т.е. - реализуемой на сторону.

Годовой выпуск продукции (цистерна) составляет 100 шт.

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

$$\Delta C = (C_{T1} - C_{T2}) * N, \quad (2.38)$$

где  $C_{T1}, C_{T2}$  - технологическая себестоимость годового объема выпуска детали по сравниваемым вариантам (1 - базовый вариант; 2 - проектируемый вариант), руб.;

$N$  - годовой объем выпуска металлоизделий, шт.

В данном расчете годовая экономия по технологической себестоимости составит в соответствии с формулой (2.38):

$$\Delta C = (340204,45 - 335030,41) * 100 = 5174,04 \text{ т.руб.}$$

Технологическая себестоимость в проектируемом варианте ниже технологической себестоимости в базовом варианте за счет снижения расходов на вспомогательные материалы (проволока, газ)

Расчет прибыли от реализации годового объема металлоизделий по базовому и проектируемому вариантам,  $\Pi$ , руб. рассчитываем по формуле (2.39).

Выручкой от реализации продукции ( $V$ , руб.) и полной себестоимостью,  $C_{\Pi}$ , руб.

$$\Pi = V - C_{\Pi} \quad (2.39)$$

где  $V$  - выручка от реализации продукции;

$C_{\Pi}$  - полная себестоимость.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		81



Сначала рассчитываем отпускную цену металлоконструкции (Ц, руб.) по формуле (2.40) по базовому и проектируемому вариантам.

$$\Delta C_{\text{п}} = C_{\text{п1}} - C_{\text{п2}}, \quad (2.40)$$

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

Рассчитаем отпускную цену металлоизделия Ц по формуле (2.41):

$$Ц = C_{\text{п}} * K_{\text{р}}, \quad (2.41)$$

где  $C_{\text{п}}$  - полная себестоимость металлоизделия, руб./шт.;

$K_{\text{р}}$  - среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции.

Среднеотраслевой коэффициент рентабельности продукции,  $K_{\text{р}}$ , определяющий среднеотраслевую норму доходности продукции и учитывающий изменение качества металлоизделия (надежность, долговечность) в эксплуатации принимаем равным соответственно в базовом варианте - 1,3; в проектируемом - 1,37.

$$Ц_1 = 342579,22 \cdot 1,3 = 445352,98 \text{руб.}$$

$$Ц_2 = 336124,29 \cdot 1,37 = 460490,27 \text{руб.}$$

Рассчитываем выручку от реализации годового объема металлоизделий (В) по формуле (2.42) по базовому и проектируемому вариантам:

$$В = Ц * N \quad (2.42)$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		82

где  $N$  - годовой объем производства продукции.

$$B_1 = 445352,98 \cdot 100 = 44535298 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 504186,43 \cdot 100 = 46049027 \text{ руб.}$$

Соответственно, прибыль от реализации годового объема металлоизделий в соответствии с формулой (2.43) по базовому и проектируемому вариантам будет равна разнице между выручкой и полной себестоимостью производственной программы выпуска металлоизделий.

$$\Pi = B - C_{\text{п}}, \quad (2.43)$$

$$\Pi_1 = 44535298 - 34257922,01 = 10277375,99 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 46049027 - 33612429,47 = 12436597,53 \text{ руб.}$$

Изменение (прирост, уменьшение) прибыли  $\Delta C$  в проектируемом варианте в сопоставлении с базовым рассчитывается по формуле (2.44):

$$\Delta C = \Pi_2 - \Pi_1 \quad (2.44)$$

где  $\Pi_1, \Pi_2$  - прибыль соответственно в базовом и проектируемом вариантах.

$$\Delta C = 12436597,53 - 10277375,99 = 2159221,54 \text{ руб.}$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		83

Определение точки безубыточности (критического объема выпуска металлоконструкций,  $N_{кр}$ ) проводим по формуле (2.45) по базовому и проектируемому вариантам:

$$N_{кр} = \frac{C_{пост}}{Ц - C_{пер}} \quad (2.45)$$

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

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

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

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

$$N_{кр\ 1} = \frac{34257922,01 - 34020445}{445352,98 - 340204,45} = 60 \text{ шт.}$$

$$N_{кр\ 2} = \frac{325343656,25 - 324966810}{488015,48 - 324966,81} = 45 \text{ шт.}$$

Расчет рентабельности продукции,  $R$ , проводим по формуле (2.46):

$$R = \frac{\Pi}{C_{п}} \quad (2.46)$$

$$R1 = \frac{10277375,99}{34257922,01} * 100 = 29,9\%$$

$$R2 = \frac{12436597,53}{33612429,47} * 100 = 37\%$$

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		84

Расчет производительности труда (выработка в расчете на 1 производственного рабочего (в базовых ценах), тыс. руб./чел.),  $\Pi_{\text{тр}}$  производим по формуле (2.47) соответственно по базовому и проектируемому вариантам:

$$\Pi_{\text{тр}} = \frac{B}{\text{Ч}_{\text{ор}}} \quad (2.47)$$

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

$\text{Ч}_{\text{ор}}$  - численность производственных рабочих, чел.

$$\Pi_{\text{тр1}} = \frac{44535298}{4} = 11133824,5 \text{руб./чел.} = 111338,2 \text{тыс. руб./чел.}$$

$$\Pi_{\text{тр1}} = \frac{46049027}{2} = 23024513,5 \text{руб./чел.} = 230245,13 \text{тыс. руб./чел.}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений,  $T_{\text{ок}}$  производим по формуле (2.48):

$$T_0 = \frac{\Delta K_{\text{д}}}{\Delta \Pi} \quad (2.48)$$

где  $\Delta K_{\text{д}}$  - дополнительные капитальные вложения, руб.;

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

$$T_0 = \frac{1866000}{2159221,54}, = 0.86 \text{года}$$

После проведения экономических расчетов необходимо сгруппировать результирующие показатели экономической эффективности в виде

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
						85
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

таблицы 2.6 -которая может быть представлена в качестве иллюстративного материала при защите ВКР.

Таблица 2.6 – Показатели экономической эффективности

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Значение показателей		Изменение показателей (+/-)
			Базовый вариант	Проектируемый вариант	
1	2	3	4	5	6
1	Годовой выпуск продукции, N	шт.	100	100	0
2	Выручка от реализации годового выпуска продукции, В	руб.	44535298	46049027	+1513729
3	Капитальные вложения, К	руб.		1866000	+1866000
4	Технологическая себестоимость металлоизделия, С <sub>т</sub>	руб.	34020445	33503041	-517404
5	Полная себестоимость годового объема выпуска металлоизделий, С <sub>п</sub>	руб.	34257922,01	33612429,47	-645492,54
6	Прибыль от реализации годового объема выпуска, П	руб.	12436597,53	10277375,99	+2159221,54
7	Численность производственных рабочих, Ч	чел.	4	2	-2
8	Производительность (выработка в расчете на 1 производственного рабочего, в базовых ценах), П <sub>гр</sub>	тыс. руб./чел.	111338,2	230245,13	+118906,93
9	Рентабельность продукции, R	%	29,9	36	6,1
10	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (Т <sub>ок</sub> )	Лет		0,86	
11	Точка безубыточности (критический объем выпуска)	шт.	60	45	-15

Вывод: Предложенный в проекте технологический способ сварки изделия для хранения нефтепродуктов, эффективен как в сфере эксплуатации за счет повышения долговечности сварных соединений конструкции металлоизделия, так и за счет снижения влияющих на себестоимость издержек.

В сфере производства изделия экономия по себестоимости обеспечена за счет сокращения доли общепроизводственных и общехозяйственных расходов в удельной себестоимости металлоизделия, поскольку эти затраты, оставаясь неизменными в целом по предприятию, списываются на себестоимость изделий пропорционально заработной плате производственных рабочих, численность которых в проектируемом варианте сократилась на 2 человека.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		87

### 3. Безопасность и экологичность проекта

#### 3.1. Безопасность труда

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются лишь в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и природной средой. Любое превышение привычных уровней потоков сопровождается негативными воздействиями на человека, техносферу или природную среду. В естественных условиях такие воздействия наблюдаются при изменении климата и стихийных явлениях. В условиях техносферы негативные воздействия обусловлены элементами техносферы (машины, сооружения и т.п.) и действиями человека.

Особо остро проявляются проблемы обеспечения безопасности человека непосредственно на предприятиях, где зоны формирования различных опасных и вредных факторов практически охватывают всю производственную среду, в которой осуществляется трудовая деятельность персонала.

Так, характерной особенностью современного производства является применение на одном предприятии, в цехе, а часто и на производственном участке самых разнообразных технологических процессов, сложных по своей физико-химической основе, реализуемых на современном высокопроизводительном оборудовании с использованием широкой номенклатуры технологических материалов. При этом современному производству свойственна также быстрая смена технологий, обновление оборудования, внедрение новых процессов и материалов, которые часто недостаточно изучены с точки зрения негативных последствий их применения.

На большинстве предприятий применяются высокотоксичные, легко воспламеняющиеся вещества, различного рода излучения, технологические процессы зачастую сопровождаются значительными уровнями шума, виб-

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		88

рации, ультра- и инфразвука, жесткими и стабильными параметрами микроклимата, большинство операций проводится в условиях высокого зрительного напряжения, запыленности и загазованности.

В то же время на многих предприятиях используются высокомеханизированное и автоматическое оборудование, оснащенное электронно-вычислительной техникой, поточно-механизированные линии, роботы и манипуляторы с программным управлением и др. В связи с этим возрастают потенциальная опасность возникновения травмоопасных ситуаций, степень риска приобретения профессионального заболевания, существенное воздействие условий труда на состояние здоровья работающих.

Высокие требования к точности технологических режимов в значительной мере исключают возможность непосредственного воздействия на технологические процессы для повышения безопасности, т.е. исключается «борьба в источнике». Поэтому создаются новые технологии, устройства, снижающие вредное влияние технологических процессов на обслуживающий персонал, а также осуществляются эффективные организационные и управленческие воздействия. В настоящем дипломном проекте к источникам вредных факторов производства можно отнести источник питания, сварочный аппарат и электроаппаратуру обеспечения процесса сварки. Сам процесс автоматической сварки в среде аргона отличается от ручной сварки меньшим выделением вредных примесей при сгорании электродного покрытия. Свариваются сталь 12Х18Н10Т с использованием присадочной проволоки Св-06Х21Н7БТ в среде защитного газа аргона.

### 3.2 Характер трудового процесса

При выполнении сварочных по изготовлению емкости для хранения нефтепродуктов технологический процесс изготовления не отличается от базового (происходит замена ручной дуговой сварки на автоматическую сварку в среде защитных газов), при этом сокращается время на сварку, но

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		89



дополнительно возникает фактор влияния более мощного теплового и ионизирующего воздействия на сварочной дуги на сварщика, а также другие факторы:

- перемещающиеся части оборудования могут привести к механическому травмированию;
- тепловое излучение;
- опасность поражения работающего электрическим током, переменными магнитными или высокочастотными электромагнитными полями;
- различные вредные вещества, вредные газы, пары и пыль;
- вредные шумы и вибрации;
- запыленность воздуха рабочей зоны, высокая температура в помещении.

В данном проекте при автоматизированной сварке появилась возможность дистанционного процесса сварки, что исключает непосредственный контакт сварщика со сварочной дугой, что также ведет к снижению теплового воздействия электрической дуги.

### **3.3 Условия труда**

#### **Воздух рабочей зоны**

В процессе сварки (наплавки), в результате протекания химических реакций в сварочной ванне, флюсе, выделяется значительное количество вредных для здоровья человек аэрозолей, токсичных газов, таких как оксиды азота, углерода, кремния и других соединений элементов, входящих в основной металл, сварочную проволоку.

Допускаемые предельные концентрации в воздухе рабочей зоны представлены в таблице 3.1.

Для удаления токсичных газов и пыли из воздуха рабочей зоны и поддержания микроклимата используется общая механическая приточно-

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

вытяжная вентиляция, а также естественная организованная вентиляция – аэрация; местная вытяжная вентиляция используется для удаления вредных веществ непосредственно из зоны сварки, а также средства индивидуальной защиты (респираторы).

Таблица 3.1-Предельно допустимые концентрации вредных веществ, выделяющихся в воздух при сварке и резке металлов

Вещество	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Твердая составляющая сварочного аэрозоля	
Марганец (при его содержании в аэрозоле до 20%)	0,2
Железа оксид	6,0
Кремния диоксид	1,0
Хрома(III) оксид	1,0
Хрома(IV) оксид	0,01
Цинк оксид	6,0
Газовая составляющая аэрозоля	
Азота оксид	2,0
Марганца оксид	0,3
Озон	0,1
Углерода оксид	20
Фтористый водород	0,5/0,10

### Микроклимат

Процесс сварки сопровождается выделением большого количества теплоты и возможным разбрызгиванием капель расплавленного металла, шлака.

Тепловое излучение не должно превышать 100 Вт/м<sup>2</sup>согласно ГОСТ 12.1.005-88. Фактическое – 40 Вт/мм<sup>2</sup>.

Для защиты от теплового действия работающих предусмотрены следующие меры: специальная одежда, включающая в себя брезентовые брюки, куртки, рукавицы и сварочная маска с защитным светофильтром С-6 или С-7 по ОСТ 21-6-87, а также кожаную обувь на толстой подошве.

## Шум и вибрация

Источниками шума в настоящем проекте являются движущие части установки для резки металла, система вентиляции и механическая обработка заготовок.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится для каждой октавной полосы частот в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки таблица 3.2.

Таблица 3.2-Предельно допустимые параметры шума

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	80	80	75
Напряженность средней степени	70	70	70	70	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	60	60	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	50	50	-

Для снижения уровня шума проектом предусмотрено выдача средств индивидуальной защиты (наушники, беруши) а также размещение двигателя вентиляционной системы за пределами участка работы.

Остальные источники шума являются кратковременными и не требуют специальных технологических мер.

Источниками вибрации являются движущиеся части и электроприводы аппарата для резки металла и система вентиляции.

Нормируемое значение уровня вибрации согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 для категории вибрации 3 типа “а” соответствует 92 дБ - общая, 109 дБ – локальная вибрация. Фактическая вибрация – 72 дБ.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		92

В проекте для снижения вибрации агрегаты установлены на виброизолирующие опоры; электродвигатели надежно закреплены.

### **Защита от механического травмирования**

Движущиеся части оборудования, перемещающиеся детали, а также заостренные элементы оборудования, оснастки, заготовок и изделий порождают опасность получения травм при контакте с ними работающего человека. Для защиты рабочих и обслуживающего персонала от механического травмирования движущиеся части оборудования закрыты защитными кожухами, а при невозможности их установки ограждаются специальными ограждениями; на перемещающемся оборудовании устанавливаются конечные выключатели, блокировки..

### **Электробезопасность**

Помещения, предназначенные для сварки (наплавки) относятся к особо опасным с позиции поражения электрическим током.

Напряжение питающей сети шкафа управления аппаратом и привода сварочной установки составляет 380 В.

Для предотвращения поражения электрическим током проектом предусмотрено:

- корпуса и другие металлические части электрооборудования заземлены, с помощью соединения металлических частей с “землей”. Сопротивление заземления в электроустановках напряжением 380 В должно быть не более 4 Ом согласно ГОСТ 12.1.030-96\*

- защитное зануление;

- блокировка, с помощью которой автоматически снимается напряжение (отключается питание) с токоведущих частей установки без предварительного отключения питания;

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		93

- недоступность токоведущих частей;
- малое напряжение в цепях управления;
- разделение цепей.

### **Пожарная безопасность**

Степень огнестойкости здания – 3 согласно СНиП 21-01-97, по взрывопожароопасности цех относят к категории Г согласно ППБ 105-03, ГОСТ 12.1.004-96.

Пожар может возникнуть от воспламенения находящихся вблизи места сварки горючих и легковоспламеняющихся материалов от теплового воздействия металла, а также вследствие неисправного электрооборудования.

Проектом предусмотрены средства пожаротушения, размещенные на участке: огнетушители ОХП-10, ОУ-5, ящики с песком, пожарный щит, огнеупорное полотно. Ящики с песком имеют вместимость 1 м<sup>3</sup> и укомплектованы совковой лопатой. Щит укомплектован лопатами, топорами баграми.

Согласно СНиП 2.01.02-85 ширина путей и высота дверей не менее, соответственно одного и двух метров. Двери на путях эвакуации открываются по направлению выхода из здания.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		94

## 4 Экологическая безопасность проекта

### 4.1 Глобальные экологические проблемы современности

Уровень воздействия человека на окружающую среду зависит в первую очередь от технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако с развитием общества, ростом его производительных сил ситуация начинает меняться кардинальным образом. XX век — это век научно-технического прогресса. Связанный с качественно новым взаимоотношением науки, техники и технологии, он колоссально увеличивает возможные и реальные масштабы воздействия общества на природу, ставит перед человечеством целый ряд новых, чрезвычайно острых проблем, в первую очередь — экологическую.

В проекте предусмотрена автоматическая сварка в среде защитных газов. Сварка в среде защитных газов является одной из самых производительных, но с позиции экологии также является одним из самых вредных факторов для экологии. В процессе сварки происходят металлургические процессы с выделением вредных паров, токсичных газов.

### 4.2 Анализ связей технологического процесса с экологическими системами.

В дипломном проекте разработана технология производства емкости для хранения нефтепродуктов. Применение данного технологического процесса вызывает появление дополнительных видов отходов по сравнению с РДС. Общий вид отходов, возникающий при автоматической сварке стали 12Х18Н10Т в среде защитного газа, предоставлен на рисунке 4.1.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		95

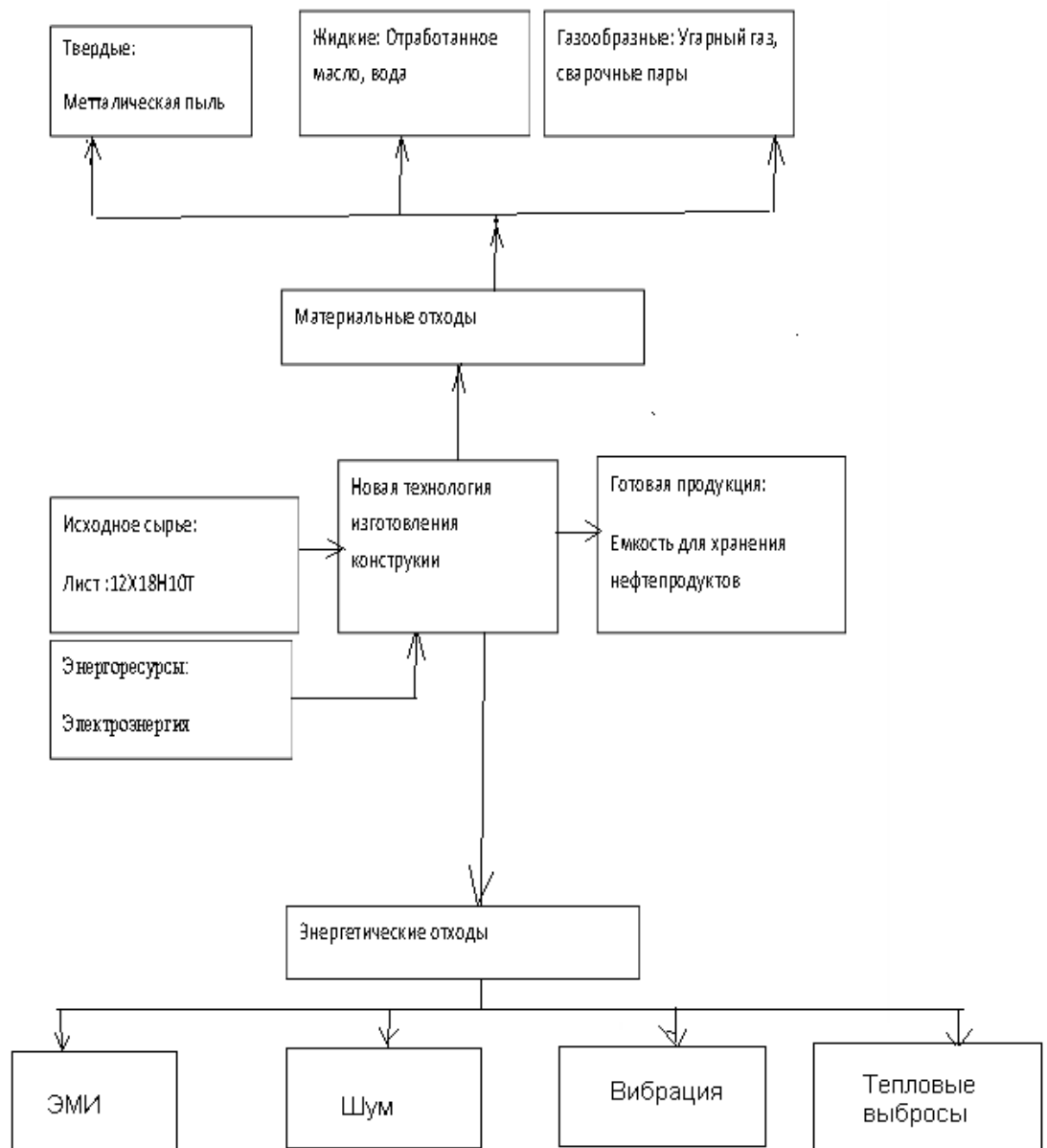


Рисунок 4.1.Схема технологического процесса взаимодействия с внешней средой

Для осуществления цели дипломного проекта основным сырьем является сталь 12Х18Н10Т. В качестве энергоресурсов используется электроэнергия переменного тока сварочного автомата А-1406 с ВДУ 506.

Таблица 4.2.1- Виды отходов, возникающие в процессе изготовления емкости

№ п/п	Операции	Материальные отходы	Энергетические отходы
1.	Получение и транспортировка металла кран балкой		Тепловые расходы
2.	Обработка листов (резка, правка, зачистка)	Металлическая пыль, вода, отработанное масло	ЭМИ, шум, вибрация, тепловой выброс
3.	Сборка и сварка изделия	Металлическая пыль, сварочные газы	Шум, вибрации, тепловое излучение

Для осуществления цели дипломного проекта основным сырьем является сталь 12Х18Н10Т. В качестве энергоресурсов используется электроэнергия переменного тока сварочного автомата А-1406 с ВДУ 506.

Виды отходов, возникающие в процессе изготовления емкости для хранения нефтепродуктов представлены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2- Виды отходов, возникающие в процессе изготовления емкости

№ п/п	Операции	Материальные отходы	Энергетические отходы
1.	Получение и транспортировка металла кран балкой		Тепловые расходы
2.	Обработка листов (резка, правка, зачистка)	Металлическая пыль, вода, отработанное масло	ЭМИ, шум, вибрация, тепловой выброс
3.	Сборка и сварка изделия	Металлическая пыль, сварочные газы	Шум, вибрации, тепловое излучение



Источником формирующий каждый из приведенных отходов, являются:

1. При обработке металла (зачистке) образуется металлическая пыль, также при обработке возникают дополнительные вибрации, шум. При резке и правке заготовок также возникают тепловые затраты, вибрация и шум.
2. При транспортировке кран-балкой расходуется электроэнергия в двигателе, возникают дополнительные тепловые отходы в виде нагрева двигателя.
3. В процессе сварки также происходит дополнительное выделение сварочных газов, тепловой энергии при нагреве сварочной дуги, с выделением ультразвукового и инфракрасного излучения. Все это является энергетическими отходами.

При изготовлении изделия также возникают материальные отходы в виде остатков (огарков) проволоки, обрубков металла после резки.

Из вышеперечисленного следует, что цикл изготовления данной конструкции не является полностью замкнутым, так как остаются разного вида отходы.

#### 4.3 Основные требования экологизации проекта

Основным источником выделения вредных веществ в окружающую среду является сварочная дуга. Концентрация вблизи дуги очень высока. Поток вредных веществ конвектируемый в помещении и выделяемый в атмосферу наносит непосредственный экологический урон атмосфере. В зоне дыхания сварщика концентрация превышает в 7-10 раз предельных ПДК (таблица 4.3.1).

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		98

Таблица 4.3.1 Предельно допустимые концентрации вредных веществ, выделяющихся в воздух при сварке и резке металлов

Вещество	Предельно допустимая концентрация (ПДК), мг/м <sup>3</sup>	
	Рабочей зоны	Атмосферного воздуха
Марганец (при его содержании в аэрозоле до 20%)	0,2	0,001
Железа оксид	6,0	0.04
Кремния диоксид	1,0	—
Хрома(III) оксид	1,0	—
Хрома(VI) оксид	0,01	—
Цинк оксид	6,0	0.05
Азота оксид	2,0	0.04
Озон	0,1	0.03
Углерода оксид	20	3,0
Фтористый водород	0,5/0,10	0,005

Соотношение концентрация вредных веществ, выделяемых при сварке в базовом и проектируемом варианте в таблице 4.3.2.

Таблица 4.3.2 Концентрация вредных веществ, выделяемых при сварке в базовом и проектируемом варианте

Наименование веществ	Фактическая концентрация	
	В базовом варианте, мг/м <sup>3</sup> (в базовом варианте, ручная дуговая сварка покрытыми электродами)	В проектируемом варианте, мг/м <sup>3</sup> (сварка в аргоне электродной проволокой)
1	2	3
Марганец и его оксиды	0,66	0,1

Окончание таблицы 4.3.2

1	2	3
Окись хрома	0,3	0,03
Фториды	1,9	—
Фтористый водород	0,004	—
Оксиды азота	1,3	—
Оксид углерода	1,4	—

#### 4.4 Основные характеристики технологического проекта

Основные характеристики технологического проекта предусмотрены в таблице 4.4.1

Таблица 4.4.1 Основные характеристики технологического проекта

Показатели	Единицы измерения	Количество
<b>Сырье:</b>		
1. Сталь- 12Х18Н10Т	т/год	170
2. Сварочная проволока - Св-06Х21Н7БТ	т/год	0,20
3. Защитный газ- Ar+CO <sub>2</sub>	т/год	40
<b>Энергия:</b>		
1. Электроэнергия	млн.кВт* час	0,5
<b>Продукция:</b>		
1.Емкость	тыс. тон/год	170
<b>Отходы:</b>		
1. Металлическая пыль	тыс. тон/год	0,1
2. Вода, отработанное масло	тон/год	4
3. Выброс вредных веществ	мг/м <sup>3</sup> /год	1498

Для утилизации тепловых выбросов возможно установка на вентиляции дополнительных фильтров отвода воздуха для обогрева вспомогательных отопительных приборов помещений (радиаторов и т.д.).

Мероприятия по ограничению выбросов возникающих в процессварки предоставлены в таблице 4.4.2

Для организации местной вентиляции предлагается использовать систему фирмы СовПлим, которая очищает воздух рабочей зоны электростатическим фильтром и фильтром из нетканого материала. Вентиляционная система PLIMM-20ARC-I отличается меньшей производительностью и очень высоким качеством очистки воздуха: пыль и аэрозоли улавливаются на 99%, кроме того, установка укомплектована картриджем из активированного угля, который поглощает вредные газы и является дополнительным гарантом снижения содержания аэрозолей в воздухе. Пыль и аэрозоль, уловленные системой фильтрации установки, передаются для утилизации на участок изготовления железобетонных конструкций.

Таблица 4.4.2 Мероприятия по ограничению выбросов возникающих в процессе сварки

Предложенные мероприятия	Вредные выбросы до предложения мероприятий	Вредные выбросы после выполнения мероприятий
Сборка и переплав металлической пыли	Выбрасывается в контейнеры азатем вывозится на свалку	Увеличение металла после переплава на 1%
Установка принудительного сбора воздухообмена непосредственно в местах производства сварочных работ (подвижная система)	Недостаточное количество фильтрующих элементов	Уменьшение концентрации вредных веществ и выброса их в рабочей зоне
Установка дополнительных фильтрующих элементов в основную систему вентиляции	Недостаточное количество фильтрующих элементов	Уменьшение вредных выбросов и загрязнений в атмосферу
Выбор оборудования требуемой мощности	Дополнительные энергетические и тепловые отходы	Уменьшение энергетических и тепловых отходов
Установка системы фирмы СовПлим. Вентиляционная система PLIMM-20ARC-I	Отсутствие системы	Сокращение выбросов пыли и аэрозолей на 99%

## Вывод

С учетом всего вышесказанного, представленный в проекте вариант технологии сварки будет оказывать меньшее экологическое давление на окружающую среду, чем базовый вариант. Следовательно, проект экологически целесообразен.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		102

## 5 Методический раздел

Становление рыночной экономики, развитие высокотехнологичного производства, расширение негосударственного сектора промышленности в нашей стране позволяют говорить о необходимости формирования новой системы отношений в области воспроизводства специалистов, ориентированной на формирование и развитие человеческого капитала хозяйствующих субъектов экономики.

Одним из важнейших направлений формирования человеческого капитала предприятия является организация повышения квалификации рабочих в условиях самого предприятия.

### 5.1 Сравнительный анализ тарифно-квалификационных характеристик

В связи с внедрением на предприятии автоматической сварки в среде защитного газа, изделия «Цистерна для нефтепродуктов» возникла необходимость в проведении переподготовки работников. Проведенный сравнительный анализ тарифно-квалификационных характеристик по профессиям «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го разряда, и «Электросварщик ручной сварки» 5-го разряда, показал необходимость разработки программы переподготовки по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го разряда. Данная программа должна включать изучение и освоение следующих производственных процессов:

- Автоматическая сварка в среде защитных газов сложных аппаратов, узлов, конструкций из углеродистых и конструкционных сталей.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		103

- Автоматическая сварка сложных строительных и технологических конструкций, работающих в сложных условиях.

В рамках данной программы, обучаемые должны изучить:

- Устройство различных сварочных автоматов и источников питания;
- Основы электротехники;
- Марки и типы сварочных материалов;
- Технологию автоматической сварки в среде защитных газов

Примеры выполняемых «Электросварщиком на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го разряда работ:

- Резервуары для нефтепродуктов вместимостью менее 1000 м<sup>3</sup>;
- Аппараты, сосуды и емкости;
- Колонны, бункера.

## **5.2 Разработка тематического плана программы переподготовки рабочих**

Разработка программы переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на полуавтоматических и автоматических машинах» четвертого разряда, при условии, что обучаемые имеют профессию «Электросварщика ручной сварки» третьего разряда по данной профессии. Срок обучения на предприятии – 1 месяц. Программа переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на полуавтоматических и автоматических машинах» приведена в таблице 5.1

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
						104
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.1 - Программа переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах» 4-го разряда

№	Тема	Количество часов
Теоретическое обучение		58
1	Вводное занятие	2
2	Сварочные материалы	8
3	Основы электротехники и промышленной электроники	8
4	Техническое черчение	4
5	Оборудование и источники питания для автоматической сварки в среде защитных газов	10
6	Основы материаловедения и технологии металлов	8
7	Технология автоматической сварки в среде защитных газов	14
8	Виды дефектов сварного шва, получаемых при автоматической сварке, и способы их определения и устранения	4
Производственное обучение		116
9	Выполнение работ по полуавтоматической и автоматической дуговой сварке и наплавке изделий из нержавеющей стали	108
10	Квалификационный экзамен	8
Итого		174

Главной задачей, решаемой в рамках переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на полуавтоматических и автоматических машинах», является получение обучаемыми знаний технологии автоматической сварки углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов, в среде защитных газов.

Обучение по программе заканчивается итоговой аттестацией на квалификационный разряд - обучаемые выполняют письменную экзаменационную работу и пробные практические работы по автоматической сварке в среде защитных газов.

### 5.3 Разработка тематического плана урока по предмету «Оборудование и источники питания для автоматической сварки»

Рассмотрим тему «Оборудование и источники питания для автоматической сварки». Тема рассчитана на 10 часов.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		105



Эта тема может быть разделена 5 уроков по два часа. При тематическом планировании тему можно разделить на следующие пять подтем уроков (по два часа каждый урок):

Урок 1. Тема: «Общие сведения о сварочных автоматах». 2 часа

Урок 2. Тема: «Принципы регулирования режима дуги при использовании сварочных автоматов». 2 часа

Урок 3. Тема: «Источники питания для сварочных автоматов». 2 часа

Урок 4. Тема: «Однодуговые сварочные автоматы и многодуговые сварочные тракторы: устройство и работа». 2 часа

Урок 5. Тема: «Наладка и настройка сварочных автоматов». 2 часа

Выберем тему урока «Общие сведения о сварочных автоматах», т.к. она дает представление о видах и назначении сварочных автоматов, о технических характеристиках, о составе сварочной установки и о задачах решаемыми сварочными установками.

#### **5.4 Разработка плана и план-конспекта урока по теме «Общие сведения о сварочных автоматах»**

Тема программы: «Оборудование и источники питания для автоматической сварки»

Тема урока: «Общие сведения о сварочных автоматах»

Тип урока: Комбинированный

Цели урока:

*Образовательная:*

Сформировать знания об основных типах сварочных автоматов, их назначении и технических характеристиках; назвать особенности конструкции и область применения сварочных автоматов; охарактеризовать особенности типовых сварочных автоматов;

Закрепить пройденный материал.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		106

*Развивающая:* развить техническое мышление; развить навыки анализа при самостоятельной работе по чтению схем, чертежей сварочных автоматов.

*Воспитывающая:* воспитать у рабочих навыки профессиональной коммуникации; воспитать ответственность за работоспособность используемого оборудования; воспитать понимание необходимости экономии энергетических и материальных ресурсов предприятия.

Методы обучения:

словесные методы (рассказ, беседа, объяснение); наглядные методы (демонстрация плакатов).

*Средства обучения:* плакаты: «Общий вид сварочной установки», учебные таблицы: «Технические характеристики сварочных головок», справочные материалы: Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

Учебная литература:

Климов А.С., Машнин Н.Е., Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке - Лань ISBN, 2011. - 240с.

Структура урока и затраты времени на этапы:

Урок рассчитана на 90 мин.

1 Организационная часть 5 мин. Приветствие, проверка по списку всех присутствующих, организационные вопросы. Изложение темы и цели урока.

2 Актуализация опорных знаний в виде беседы со обучаемыми по установленным вопросам -10 мин.

3 Сообщение нового материала - 50 мин.

4 Заключительная часть: Закрепление нового материала. Краткий опрос - беседа со слушателями в аудитории-25 мин.

5

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		107

Подробный план-конспект учебного занятия по теме «Общие сведения о сварочных автоматах» приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - План-конспект урока по теме: «Общие сведения о сварочных автоматах»

Этапы урока, затраты времени	Содержание учебного материала	Описание методики осуществления учебной деятельности
1	2	3
Организационная часть, 4 мин.	<p>Тема: «Общие сведения о сварочных автоматах»</p> <p>Цели урока:</p> <p><i>Образовательная:</i> Сформировать знания об основных типах сварочных автоматов, их назначении и технических характеристиках; назвать особенности конструкции и область применения сварочных автоматов; охарактеризовать особенности типовых сварочных автоматов;</p> <p>Закрепить пройденный материал.</p> <p><i>Развивающая:</i> развить техническое мышление; развить навыки анализа при самостоятельной работе по чтению схем, чертежей сварочных автоматов.</p> <p><i>Воспитывающая:</i> воспитать у рабочих навыки профессиональной коммуникации; воспитать ответственность за работоспособность используемого оборудования; воспитать понимание необходимости экономии энергетических и материальных ресурсов предприятия.</p>	<p>Взаимное приветствие педагога и обучаемых, проверка отсутствующих.</p> <p>Воспитание дисциплины, решительный строгий голос, но в то же время доброжелательный. Запись темы урока, привлечение внимания обучаемых.</p>
Актуализация опорных знаний, 10 мин.	<p>Вопросы для актуализации опорных знаний:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как можно классифицировать сварочную проволоку?</li> <li>2. В чем сущность автоматической сварки?</li> <li>3. Какие механические свойства свариваемых металлов вы можете назвать? Дайте им определения.</li> <li>4. Что такое автоматическая сварка в защитных газах?</li> <li>5. Для чего применяют сварочный трансформатор, а для чего сварочный генератор?</li> <li>6. На что влияет мощность сварочного трансформатора?</li> </ol>	<p>Выхожу на середину аудитории и активизирую (громко и четко прошу навести тишину в аудитории!!!) обучаемых на последних партах, вернусь к доске.</p> <p>Вопрос задам 2 раза, добьюсь чтобы все обучаемые включились в работу. Ответы повторю и дополню с помощью обучаемых.</p>



Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
	<p>сваривании труб. В этом случае требуется обеспечение бесперебойного вращения конструкций при помощи механических устройств, как вращающихся свариваемые поверхности, так и передвигающих их для выполнения новых швов. Сварочная головка аппарата во время работы неподвижна. Управление процессом сварки осуществляется с пульта. Также такой автомат получил неофициальное название «рука» из-за особенностей своего технического выполнения.</p>  <p>Рисунок 5.1 – Сварочная головка подвесная А- 1406</p>	<p>Подбираю яркие, интересные и убедительные примеры, необходимые для обобщения, опираюсь на конкретные представления учащихся. Излагаю материал, показываю плакат. Прошу внимательно рассмотреть. Задаю вопросы по плакату.</p>

Продолжение таблицы 5.2

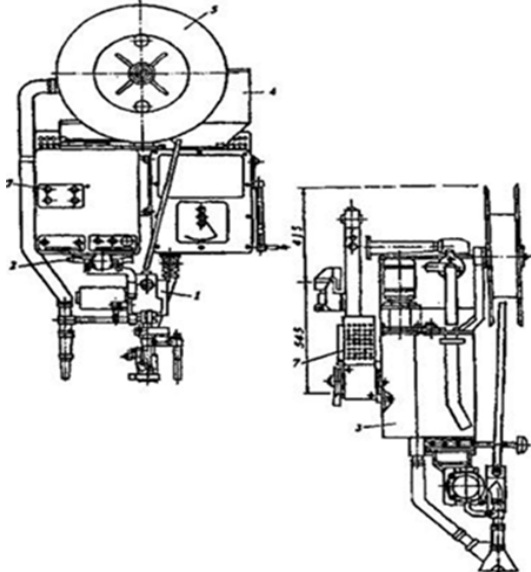
1	2	3
	<p><i>Передвижной автомат</i></p> <p>Такие аппараты устанавливаются на самоходные тележки, а работа выполняется методом их перемещения по заданному пути при неподвижности свариваемых конструкций. Таким образом выполняется большинство длинных прямых швов.</p> <p>Если требуется выполнение сложного шва, то помимо передвижного автомата используется и перемещение конструкций. Такой процесс более сложный и требует повышенного внимания со стороны оператора.</p> <div data-bbox="571 815 1136 1570" data-label="Image"> </div> <p>Рисунок 5.2 – Передвижной сварочный автомат Сварог MZ 1250 (J40)</p>	<p>Показываю слайд на проекторе Прошу внимательно рассмотреть. Задаю вопросы по плакату. Обращаю внимание на направляющие для передвижения автомата.</p>

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
	<p><i>Сварочный трактор</i></p> <p>Сварочный трактор — это также разновидность автомата для сваривания. Принцип его действия заключается в том, что трактор может перемещаться не только по определенному пути (чаще всего — по рельсовому), но и по поверхности свариваемых конструкций. Такой вид оборудования считается наиболее выгодным при выполнении больших объемов работ, поскольку время, затрачиваемое на его установку, существенно снижается.</p> <p>Современные сварочные тракторы могут быть снабжены дополнительными опциями, такими как лазерная система отслеживания направления движения автомата или дозатор флюса, необходимого в работе.</p> <div data-bbox="507 907 1145 1579" data-label="Image"> </div> <p>Рисунок 5.3 - Сварочный трактор A2 Multitrac ESAB</p> <p>Какие задачи может «решать» сварочный автомат?</p> <p>Регулировать скорость подачи сварочной проволоки в зависимости от напряжения. В этом случае скорость подачи проволоки будет равна скорости ее плавления при нормальных значениях параметров дуги и будет уменьшаться при уменьшении размеров дуги. Если же покакой-либо причине длина дуги увеличится, то происходит автоматическое ускорение подачи проволоки,</p>	<p>Показываю слайд на проекторе. Прошу внимательно рассмотреть. Задаю вопросы по плакату.</p>

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
	<p>уменьшаятем самым как размер дуги, так и ее напряжение до стандартных величин. То есть автомат способен восстанавливать характеристики дуги до нормальных значений, не расходуя лишней проволоки.</p> <p>Сварка в режиме автомат может нормализовать работу после короткого замыкания. Если подаваемое напряжение внезапно исчезает, то проволока резко отдаляется от свариваемых конструкций, то есть автомат изменяет направление ее движения. После возобновления подачи энергии, проволока подается вперед и для снижения напряжения холостой дуги накоротко ее замыкает, касаясь свариваемых конструкций. В это время дуга должна загореться (в противном случае проволока повторно касается поверхности). После чего проволока возвращается на рабочее расстояние, а параметры дуги нормализуются.</p> <p>Таким образом, описанные характеристики автомата позволяют поддерживать постоянство рабочих параметров дуги, что практически невозможно при ручном производстве работ.</p> <p>Рассмотрим сварочный автомат А-1406</p> <p>Сварочный автомат подвесного типа А- 1406 представляет собой конструкцию, изображенную на рис. 5. Автомат состоит из подающего механизма 1, суппорта 2, механизма вертикального перемещения 3, флюсовой аппаратуры 4, кассеты с электродной проволокой 5, пульта управления 6.</p>  <p>Рисунок5.4 – Схема сварочного автомата А 1406</p>	<p>Обучаемые рассматривают и изучают плакат, подписывают позиции</p>

Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата
------	-----	----------	---------	------



Продолжение таблицы 5.2

1	2	3																		
	 <p data-bbox="464 1227 1203 1339">Плакат 5.1 – Общий вид сварочного автомата А 1406 <i>Технические характеристики автомата сварочного А-1416:</i></p> <table border="1" data-bbox="464 1346 1209 2022"> <thead> <tr> <th data-bbox="469 1352 791 1429">Технические характеристики</th> <th data-bbox="791 1352 1002 1429">с ВДУ 506</th> <th data-bbox="1002 1352 1204 1429">с ВДУ 1202 (1250)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="469 1429 791 1509">Номинальное напряжение сети, В</td> <td data-bbox="791 1429 1002 1509">380</td> <td data-bbox="1002 1429 1204 1509">380</td> </tr> <tr> <td data-bbox="469 1509 791 1590">Частота тока питающей сети, Гц</td> <td data-bbox="791 1509 1002 1590">50</td> <td data-bbox="1002 1509 1204 1590">50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="469 1590 791 1671">Номинальный сварочный ток, А</td> <td data-bbox="791 1590 1002 1671">при ПВ=60% 500</td> <td data-bbox="1002 1590 1204 1671">при ПВ=100% 1000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="469 1671 791 1798">Диапазон регулирования сварочного тока, А</td> <td data-bbox="791 1671 1002 1798">60 ÷ 500</td> <td data-bbox="1002 1671 1204 1798">250 ÷ 1250</td> </tr> <tr> <td data-bbox="469 1798 791 1879">Количество электродов, шт</td> <td data-bbox="791 1798 1002 1879">1</td> <td data-bbox="1002 1798 1204 1879">1</td> </tr> </tbody> </table>	Технические характеристики	с ВДУ 506	с ВДУ 1202 (1250)	Номинальное напряжение сети, В	380	380	Частота тока питающей сети, Гц	50	50	Номинальный сварочный ток, А	при ПВ=60% 500	при ПВ=100% 1000	Диапазон регулирования сварочного тока, А	60 ÷ 500	250 ÷ 1250	Количество электродов, шт	1	1	<p data-bbox="1236 250 1508 533">Обучаемые рассматривают и изучают плакат, подписывают позиции, записывают основные технические характеристики.</p>
Технические характеристики	с ВДУ 506	с ВДУ 1202 (1250)																		
Номинальное напряжение сети, В	380	380																		
Частота тока питающей сети, Гц	50	50																		
Номинальный сварочный ток, А	при ПВ=60% 500	при ПВ=100% 1000																		
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60 ÷ 500	250 ÷ 1250																		
Количество электродов, шт	1	1																		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.758.ПЗ

Лист

114

Продолжение таблицы 5.2

1	2		3	
	Диаметр электродной проволоки, мм: - сплошной - порошковой	1,2 ÷ 2,0; 2,0 ÷ 5,0 2,0 ÷ 3,0	1,2 ÷ 2,0; 2,0 ÷ 5,0 2,0 ÷ 3,0	
	Пределы плавного регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	17 ÷ 553	17 ÷ 553	
	Вертикальное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	500 29,4	500 29,4	
	Поперечное перемещение сварочной головки: - ход, мм - скорость, м/ч	±70 от руки	±70 от руки	
	Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	±30 ручное	±30 ручное	
	Амплитуда колебания электрода при наплавке порошковой проволокой диаметром до 3 мм., мм	10 ÷ 70	10 ÷ 70	
	Флюсоаппаратура: - объем, дм <sup>3</sup> - расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч - высота всасывания флюса, м	40 20 2	40 20 2	
	Масса, кг: - сварочной головки - источника питания	185 275	185 550	
	Габаритные размеры, мм: -сварочной головки -источникапитания	1010*890*1725 805×600×1030	1010*890*1725 960×680×890	

Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.758.ПЗ

Лис

115

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3
	<p>Автомат подвесной предназначен для дуговой сварки и наплавки сплошной и порошковой проволокой низкоуглеродистых и легированных сталей.</p> <p>Автомат обеспечивает следующие способы наплавки: в среде защитного проволокой и лентой; под слоем флюса сплошной проволокой; открытой дугой расщепленным электродом (по спецзаказу).</p> <p>Сварка производится на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки. Автомат, установленный на наплавочные станки типа У653, У654, обеспечивает наплавку наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также плоских горизонтальных поверхностей.</p>	
<p>Первичное закрепление нового материала, 10 мин.</p>	<p>Карточка-задание: Подпишите из чего состоит сварочный автомат подвесного типа.</p> 	<p>Каждому обучаемому выдаю карточку-задание, которую он должен заполнить самостоятельно в течение 10 минут. После чего карточки забираю для проверки. Выдать карточки и следить за самостоятельной работой обучаемых</p>
<p>Заключительная часть, 15 мин.</p>	<p>Краткий повтор пройденного материала проводится в виде вопросов, которые задают уже конкретным учащимся. Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие существуют виды сварочных автоматов?</li> <li>2. Что входит в состав установки, на которой выполняется сварка в среде защитных газов?</li> <li>3. Какие модели подвесных сварочных автоматов вы знаете?</li> </ol>	<p>Оценки не выставляются, вопросы направлены на общее понимание материала.</p>

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

Окончание таблицы 5.2

1	2	3
Выдача домашнего задания.	Изучить конспект лекций. Повторить пройденный материал. Климов А.С., Машнин Н.Е., Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке - Лань ISBN, 2011. - 240с.,	Комментарии по выполнению домашнего задания

Вывод

В условиях непрерывного усложнения конструкций, неуклонного роста объема сварочных работ, роста технического уровня производства, введения в эксплуатацию сложного сварочного оборудования возникают проблемы, связанные с повышением требований к уровню подготовки кадров, работающих в области сварочного производства. На предприятиях в основном производится повышение квалификации рабочих кадров. Основной формой организации учебного процесса в рамках учебно-курсовой сети предприятий является урок.

В рамках методической части на основе анализа квалификационных требований к профессиям разработаны план программы повышения квалификации по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», план и план-конспект урока по теме «Общие сведения о сварочных автоматах». В качестве средств наглядности предложен плакат «общий вид сварочного автомата А-1406 с техническими характеристиками» и разработана карточка задания для контроля пройденного материала.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале работы над дипломным проектом была поставлена задача разработать технологию сборки и сварки цистерны для нефтеперерабатывающей промышленности.

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

В проекте разработана технология сборки-сварки цистерны из нержавеющей стали 08X18H10T. Произведен выбор способа сварки и необходимых сварочных материалов, подбор оборудования для автоматической сварки в среде защитных газов. Рассчитаны параметры режимов сварки. Описан необходимый контроль.

В экономической части дипломного проекта произведена оценка экономической эффективности конструкторско-технологических решений, обеспечивающих экономию затрат на выполнение автоматической сварки цистерны по сравнению с РДС.

В методической части на основе анализа квалификационных требований к профессиям разработаны план программы переподготовки рабочих по профессии «Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах», план и план-конспект урока по теме «Общие сведения о сварочных автоматах». В качестве средств наглядности предложен плакат «общий вид сварочного автомата А-1406 с техническими характеристиками» и разработана карточка задания для контроля пройденного материала.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		118

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А. И. Акулов, Г .А. Бельчук, В. П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.
- 2 Глизманенко, Д.Д. Сварка и резка металлов: учеб. пособие / Д.Л. Глизманенко. - М.: Высш.шк, 1975. - 479 с.
- 3 Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства - М.: Машиностроение, 1984. - 368с., с ил.
- 4 Гуревич, С.М. Справочник по сварке металлов / С.М. Гуревич. - Наукова думка, 1981.- 608с. с ил.
- 5 Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. - М.: Экономика. 1989. - 32.
- 6 Джевага, И.И. Механизированная электродуговая сварка под флюсом / И.И. Джевага. - М. : 1968. - 360с. с ил.
- 7 Ерохин, А.А. Кинетика металлургических процессов дуговой сварки/ А.А. Ерохин. - М.: Машиностроение. 1964. - 356 с.
- 8 Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов / А.С.Зубченко - М.: Машиностроение, 2001. - 375с.
- 9 Нормативы времени и режимы полуавтоматической сварки в защитных газах. - Екатеринбург: Уралмашзавод, 2004. - 50 с.
- 10 Патон, Б.Е. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки / Б.Е. Патон, В.К. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1966. - 396 с.
- 11 Охрана труда в машиностроении. Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. - М.: Машиностроение, 1983. - 432с. с ил.
- 12 Рыжков, Н.И. Производство сварочных конструкций в тяжелом машиностроении / Н.И. Рыжков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. -375с., с ил.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		119

13 Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1975. - 520 с.

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

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

16 Практикум по методике преподавания машиностроительных дисциплин: учеб.пособие / А.М. Копейкин, В.И. Никифоров. Б А. Соколов и др.: Под ред. В.И. Никифорова. - М.: Высш. шк., 1990. - 112 с.

17 ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место для выполнения работ стоя. Общие эргономические требования. - Введен 1979-01-01. - М: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 1979. - 34 с.

18 ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов». - М: Госстандарт РФ: Издательство стандартов, 2000. - 76 с.

					ДП 44.03.04.758.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Дата		120