

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология ремонтной сварки вагонов-цистерн
для транспортировки аммиака»

Студент

И.В. Денисов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Необходимость в проведении исследований, направленных на совершенствование ремонтных технологий, обусловлена тем, что в настоящее время при восстановлении металлоконструкций, как правило, используют стандартные технологии сварки, разработанные для изготовления новых изделий. Они не учитывают специфики ремонтных соединений, обусловленной влиянием значительных остаточных напряжений в них и ограниченным выбором способов удаления дефектов, разделки кромок и собственно сварки, которая может оказывать существенное влияние на свойства сварных соединений восстановленной конструкции.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения операции ремонтной сварки при заварке дефектов вагонов-цистерн.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки вагонов-цистерн. При выполнении базовой технологии ремонтной сварки предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 1,09 млн рублей.

Пояснительная записка состоит из 61 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата A1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН	
1.1 Описание объекта исследования	7
1.2 Сведения о материале изделия	8
1.3 Дефекты, возникающие на котле вагона-цистерны	10
1.4 Особенности выполнения операций по базовой технологии	13
1.5 Анализ современного состояния ремонтных сварочных технологий в мировой промышленности	18
1.6 Постановка задач дипломного проектирования	24
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН	
2.1 Анализ используемых способов сварки	25
2.2 Подготовка к сварке	29
2.3 Проведение сварки	31
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	37
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	38
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	39
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	41
3.6 Заключение по экологическому разделу	42
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	43
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	45
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	46
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	48
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	53
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	53
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	56
4.8 Выводы по экономическому разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России эксплуатируется большое количество инженерных сооружений и машин, исчерпавших назначенный срок службы или близких к этому состоянию. Большинство из них имеет усталостные и хрупкие повреждения. Дальнейшая эксплуатация таких изделий становится небезопасной.

Как свидетельствуют публикации [1...3], проблема существует и в других экономически развитых странах.

Необходимость в проведении исследований, направленных на совершенствование ремонтных технологий, обусловлена тем, что в настоящее время при восстановлении металлоконструкций, как правило, используют стандартные технологии сварки, разработанные для изготовления новых изделий. Они не учитывают специфики ремонтных соединений, обусловленной влиянием значительных остаточных напряжений в них и ограниченным выбором способов удаления дефектов, разделки кромок и собственно сварки, которая может оказывать существенное влияние на свойства сварных соединений восстановленной конструкции [1, 3, 4, 5].

По мнению авторов работы [2], технологии восстановления следует уделять большее внимание, чем первоначальной сварке. Важнейшей задачей при этом является выбор или разработка таких сварочных технологий, которые обеспечат низкий уровень остаточных напряжений и позволят в ряде случаев отменять мероприятия по их снятию.

Основными дефектами, исправляемыми ремонтной сваркой, являются усталостные трещины. Причиной их появления могут быть неадекватный проект конструкции, высокий уровень напряжений, неправильный выбор сварочных материалов, не способных обеспечить необходимую вязкость и свариваемость соединений, неудовлетворительное выполнение термической резки, недостаточное проплавление, наличие подрезов, вибрация, коррозионная среда, эксплуатационные нагрузки [9].

В настоящее время в связи с усиливающимся экономическим кризисом наиболее актуально стоит вопрос продления срока службы вагонов, повышения качества и производительности ремонтных работ. Одним из видов вагонов является вагон-цистерна, который получил широкое распространение при перевозке различных химических веществ. Под действием агрессивных сред и знакопеременных нагрузок происходит постоянное образование дефектов, от своевременности и качества исправления которых зависит безопасность и эффективность транспортных операций. При ремонте вагонов-цистерн используется сварка, которая выполняется покрытыми электродами. Это трудоёмкая операция, в процессе которой возникает большое количество брака, который приходится переваривать. Именно операцию сварки и рассмотрим в дипломном проекте на предмет повышения производительности и качества.

Поэтому актуальной является цель данной работы – повышение производительности и качества выполнения операции ремонтной сварки при заварке дефектов вагонов-цистерн.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН

1.1 Описание объекта исследования

Цистерна, показанная на рисунке 1.1, представляет собой железнодорожный вагон специального типа. Верхняя часть такого вагона состоит из горизонтальной цилиндрической емкости (котла), боковые крышки которой выполнены со скруглением. Емкость закреплена на несущей раме, оснащенной вагонными тележками для перемещения по железной дороге.

Для наполнения, а также для проведения осмотра и обслуживания внутренней поверхности цистерны на верхней части емкости установлены одна или несколько горловин.

Для обеспечения безопасности перевозки и хранения химических веществ в вагоне-цистерне на нижней части емкости установлены группа безопасности. Также для слива жидкости из цистерны и ее промывки ёмкость оборудуется сливным прибором.

Процесс наполнения емкости вагона-цистерны осуществляется через специальные трубы, оборудованные запорной арматурой, которые расположены на верхней части горловины. Также емкость вагона-цистерны оборудована предохранительным клапаном, вентилем контроля уровня заполнения и опустошения, подачи и удаления паровой фазы.



Рисунок. 1.1 – Цистерна для транспортировки аммиака

1.2 Сведения о материале изделия

Цистерна для транспортировки аммиака изготовлена из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70...+425\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Таблица 1.1 – Химсостав стали 09Г2С

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	N, %	Cu, %	As, %
до 0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 09Г2С при T=20°C

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали 09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от температурного цикла в процессе сварки. Уменьшение погонной энергии приводит к повышению количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита в металле шва, а также к увеличению их дисперсности.

Небольшое количество закалочных структур оказывает незначительное влияние на механические свойства сварных соединений, по причине равномерного и дезориентированного расположения этих структур в мягкой ферритной основе. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит вследствие усиления отрицательного влияния углерода и некоторых легирующих элементов, например кремния. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

1.3 Дефекты, возникающие на котле вагона-цистерны

В котлах цистерн всех типов встречаются следующие неисправности:

- вмятины и пробоины в цилиндрической части и днищах;
- неплотности сварных или заклепочных швов; трещины в листах;
- коррозия стенок, а также поврежденные места от разъедания их кислотами и химикатами.

Нарушение плотности котла (разрыв) является наиболее серьезным повреждением, приводящим к вытеканию груза.

Разрывы котлов цистерн происходят главным образом по швам из-за некачественной сварки, нарушения технологии постановки заплат и небрежного отношения к цистернам в эксплуатации, особенно при роспуске с

сортировочных горок. Кроме того, разрывы бывают и непосредственно в листах вблизи сварного шва. Разрывы, как правило, происходят в местах, где сварной шов наружной заплаты расположен близко от основного шва обечаек или внутренней обварки заплаты.

Для облегчения электросварки, особенно в вертикальном и потолочном положениях, работа ведется постоянным током; место сварки тщательно очищается от ржавчины, краски и грязи, а также по возможности устанавливается в нижнее положение.

Для выполнения этого условия целесообразно пользоваться специальным роликовым стендом, на котором котел можно легко вращать.

При выполнении сварочных работ применяются: поворотные стенды для рам цистерн, гидравлические тумбочки для прижима наплат-накладок, а также разгрузки свариваемых мест, струбцины для сжатия свариваемых частей, пневматические зубила для разделки трещин, кромок, вырезов на котлах и рамах, а также обработки заплат-накладок, пантографообразные тележки для работ на большой высоте, переносные лестницы.

Сварочные соединения котлов цистерн не должны иметь маломерных швов, а также швов с размерами, превышающими альбомные на 2 мм, с наплывами, резкими неровностями, подрезами, неплотностями и т.п. Подрезы основного металла по границам швов при эксплуатации могут вызвать трещины.

Стыковые швы усиливаются кусковыми накладками, которые при ремонте котлов сварной конструкции ставятся с наружной стороны, а при ремонте котлов клепаной конструкции - с внутренней.

Накладки, полностью закрывающие трещину, не дают необходимой прочности и скрывают неисправность, вследствие чего они при капитальном и среднем ремонте цистерн удаляются независимо от состояния.

Все сомнительные места сварных соединений котлов, выявленные при наружном осмотре, вырубаются и вновь завариваются.

Чеканка сварных швов допускается только для временного устранения течи в процессе гидравлического испытания котла.

Все дефектные места швов, выявленные гидравлическим испытанием, полностью вырубаются и вновь завариваются.

На схеме (рисунок 1.2) указано положение наиболее распространенных повреждений котла старой конструкции, ремонт которых осуществляется сваркой толстообмазанными электродами или под слоем флюса. При выполнении заварки трещин протяженностью больше 0,1 м поперек шва устанавливают кусковые накладки длиной 120—150, шириной 35—40 и толщиной 6—8 мм.

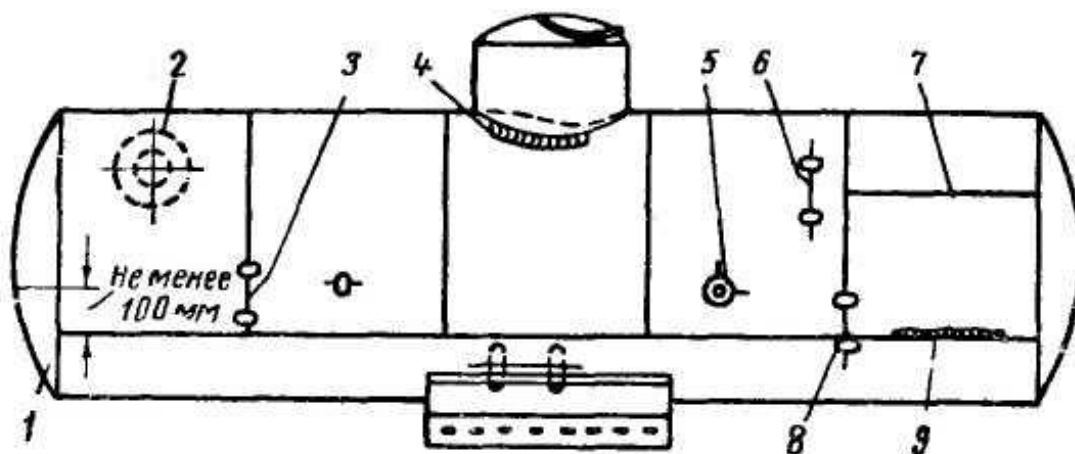
Чтобы обеспечить требуемое прилегание накладок к ремонтируемой поверхности необходимо зачистить сварной шов под предполагаемым местом установки накладки вровень с поверхностью основного металла. Затем накладку приваривают путем выполнения шва по всему ее периметру.

Полное перекрытие дефектов с помощью накладок осуществляется только ремонте пробоин емкости. В этом случае накладка устанавливается с наружной стороны емкости и обваривается по периметру накладки. При этом при этом накладку дополнительно приваривают и с внутренней стороны емкости, накладывая сварной шов по периметру пробоины.

Такая работа осуществляется при выполнении среднего, годового и текущего ремонтного обслуживания цистерны.

При выполнении среднего ремонта не допускается наличие в каждой части емкости больше 2 накладок. Также не допускается использование накладок площадью $>0,1 \text{ м}^2$.

При проведении капитального и среднего ремонта приваренные накладки, перекрывающие трещины и пробоины должны быть сняты, дефекты вырезаны и заварены, так как было описано выше.



1 - днище с приваренной новой частью; 2 – заваренная пробоина;
 3 – заваренная трещина в круговом шве; 4 – заваренная трещина в шве у колпака; 5 – заваренная трещина в основном металле обечайки;
 6 – заваренная трещина в месте приварки волнорезов; 7 – обечайка с приваренной новой частью; 8 – заваренная трещина в месте пересечения продольного и кругового швов; 9 – заваренная трещина в продольном шве броневого листа

Рисунок 1.2 – Исправление дефектов на котле цистерны

1.4 Особенности выполнения операций по базовой технологии

Перед выполнением заварки трещину следует очистить от загрязнений и следов краски. Для предотвращения роста трещины, по ее концам сверлят отверстия диаметром порядка 8-10 миллиметров. Далее следует выполнить V-образную фаску. Потом накладывают первый слой сварного шва, производят зачистку и заварку отверстия, а после выполняют второй слой шва. При протяженности трещины более 0,3 метра ее заварка должна осуществляться обратноступенчатым швом. При этом длину одного участка шва следует выбирать не больше значения в 0,15 метра. Такой подход позволяет значительно снизить рост внутренних напряжений сварного шва, что благоприятно связывается на его прочности.

После выполнения заварки трещины из зоны сварки необходимо удалить образовавшийся шлак и потеки металла и зачистить область шва до характерного металлического блеска. После это для увеличения прочности сварки выполняют контрольный шов. В концах заваренной трещины с наружной стороны емкости устанавливают усиливающие накладки. Чтобы обеспечить требуемое прилегание этих накладок к ремонтируемой поверхности необходимо зачистить сварной шов под предполагаемым местом установки накладки вровень с поверхностью основного металла. Затем накладку приваривают путем выполнения шва по всему ее периметру.

Для предотвращения порчи электродов они должны храниться в сухом теплом помещении. Непосредственно перед сваркой электроды подлежат просушки при температурных режимах, указанных в таблице 1.3.

Режимы сварки выбираются по данным, представленным в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – Параметры режимов сушки

Марка электродов	Параметры режимов сушки электродов		Марка электрода	Параметры режимов сушки электродов	
	Темп-ра, °С	Время, мин		Темп-ра, °С	Время, мин
ЭА-395/9	360	60	ОЗЛ-7	300	40
ОЗЛ-8	300	60	НИАТ-1	190-210	60
ЗИО-8	300-320	90	ОЗЛ-36	300	60
ЦЛ-11	320	40	ЦТ-15	320	40

До начала выполнения ремонтных работ емкость вагона-цистерны необходимо пропарить, промыть, дегазировать, очистить внутри и снаружи с соблюдением требований изложенных в Правилах по охране труда при текущем ремонте и подготовке к наливу цистерн МПС России.

Перед проведением ремонтных работ по сварке необходимо проверить воздушную среду емкости вагона-цистерны на отсутствие токсичной

составляющей, способной нанести вред сварщикам и другому обслуживающему персоналу.

Таблица 1.4 – Параметры режимов сварки для разных электродов

Положение шва	Диаметр электрода, мм	Ток, А			
		ЭА-395/9	ОЗЛ-8	ЗИО-8	ЦЛ-11
Нижнее	3	80...100	60...80	70...90	70...90
	4	120...150	120...140	120...150	130...150
	5	150...180	140...160	150...170	150...180
Вертикальное	3	70...90	50...70	50...70	50...80
	4	100...130	100...120	90...120	110...130
	5	-	120...140	-	120...160
Потолочное	3	70...90	50...70	40...60	50...80
	4	100...130	100...110	90...120	110...130
		ОЗЛ-7	НИАТ-1	ОЗЛ-6	ЦТ-15
Нижнее	3	60...80	50...80	80...90	80...100
	4	110...130	100...140	140...160	110...140
	5	140...160	130...170	170...180	150...180
Вертикальное	3	50...70	50...75	65...80	70...90
	4	90...120	100...120	110...140	100...125
	5	120...140	130...150	140...150	135...160
Потолочное	3	50...70	50...75	65...80	70...90
	4	90...110	100...120	110...140	110...125

Перед тем как приступать к сварке, необходимо определить марки материалов, из которых изготовлены емкость и другие элементы вагона-цистерны. Это влияет на выбор как сварочных материалов, так и на выбор материала металлических вставок.

Для проведения сварочно-ремонтных работ на вагоне-цистерне для перевозки опасных грузов необходимо допускать только тех сварщиков, которые имеют аттестацию в соответствии с Правилами аттестации сварщиков, утвержденными Госгортехнадзором, а также удостоверение соответствующей формы. Сварщик может допускаться только к тем видам работ, которые приведены в его удостоверении.

Сварочно-ремонтные работы емкости вагона-цистерны разрешено проводить при положительной температуре окружающего воздуха в

специально отведенных закрытых помещениях с учетом требований Правил изготовления паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды с применением сварочных технологий.

Обнаруженные в емкости вагона-цистерны места с дефектами, после ремонта по описанной выше технологии, должны быть подвергнуты контролю. Качество устранения дефекта должно быть таким, чтобы обеспечивался требуемый уровень надежности и безопасности эксплуатации вагона-цистерны.

При обнаружении как поверхностных, так и сквозным дефектов общей площадью меньше 4 см^2 необходимо подготовить место под ремонтную сварку путем сверления или вырубки данного участка с дефектом. Дефекты, проходящие насквозь через стенку емкости, завариваются с обеих сторон. Не допускается наличие на месте сварки скоплений пор, трещин, наличие шлаковых загрязнений, подрезов.

Для выполнения разделки кромок и удаление прихваток необходимо применять оборудование для воздушно-дуговой строжки. Глубину разделки следует регулировать таким образом, чтобы она доходила до металла сварного шва с противоположной стороны стенки. После это с помощью механической обработки необходимо удалить металл с поверхности кромок на глубину 1 миллиметра (для снятия слоя с повышенным содержанием углерода).

Ремонтная сварка выполняется послойно до заполнения места разделки. После выполнения сварки с внешней стороны наложить заключительный шов внутри котла.

Недопустимыми дефектами являются скопления пор и подрезов в сварном соединении.

Для осуществления сварки используется источник постоянного тока ВД-252, представленный на рисунке 1.3. Источник ВД-252 применяется при дуговой сварке металлоконструкций разного назначения. Данный источник

тока может применяться при сварке деталей толщиной от 0,4 до 14 миллиметров. ВД-252, благодаря своей мобильности, используется при ведении работ в труднодоступных местах и поддерживает возможность сварки на токах прямой и обратной полярности. Источник постоянного тока ВД-252 поставляется с завода вместе с защитным неголовным щитком, разъемом для подключения к сетевому напряжению, токовыводами и держателем электродов.



Рисунок 1.3 – Источник постоянного тока ВД-252

Таблица 1.5 – Основные параметры источник постоянного тока ВД-252

Напряжение питания, В	380
Диапазон регулировки сварочного тока, А	40 – 250
Тип тока	постоянный
Диаметр электродов, мм	2.0-5.0
Напряжение U_{xx} , В	90
ПВ, %	60
Размеры, мм	145x405x355
Масса, кг	35

Все сварные соединения до применения других методов контроля должны подвергаться внешнему осмотру. При осмотре необходимо проверять сварной шов по всей длине, с обеих сторон.

Осмотр может осуществляться, как невооружённым взглядом, так и с использованием оптических приборов, например лупы с четырёхкратным увеличением. При осмотре необходимо проверять отсутствие дефектов по типу трещин, свищей, подрезов, прожогов, непроваров.

Перед выполнением осмотра соединения шов и близлежащие поверхности очищаются от следов загрязнений и шлака. Границы поверхности очистки металла должны лежать на расстоянии не менее 20 мм шва (с обеих сторон).

Все выявленные в результате осмотра дефекты должны быть устранены до использования других методов контроля.

Для проверки герметичности сварного шва проводят контроль с использованием керосина. При этом проверяемое сварное соединение смачивается керосином, после чего проводится его осмотр. Если в шве присутствуют поры, трещины или непровары, то на меловой основе, нанесенной с обратной стороны соединения, в этих местах появляются желтые отметины в виде точек или полос.

Доля контролируемых сварных соединений согласно ГОСТ 3242-79 устанавливается конструкторско-технологической документацией и в нашем случае составляет 100 % от общей длины швов.

1.5 Анализ современного состояния ремонтных сварочных технологий в мировой промышленности

Необходимость в проведении исследований, направленных на совершенствование ремонтных технологий, обусловлена тем, что в настоящее время при восстановлении металлоконструкций, как правило, используют

стандартные технологии сварки, разработанные для изготовления новых изделий. Они не учитывают специфики ремонтных соединений, обусловленной влиянием значительных остаточных напряжений в них и ограниченным выбором способов удаления дефектов, разделки кромок и собственно сварки, которая может оказывать существенное влияние на свойства сварных соединений восстановленной конструкции [1, 3, 4, 5].

Так, в работе [6] отмечается, что ремонтная сварка способствует образованию в соединениях большего количества повреждений, чем при обычной первоначальной сварке. Это обусловлено тем, что ремонтная сварка более кратковременна, чем первоначальная. Поэтому при ее выполнении образуется больше участков, на которых происходили процессы начала и окончания сварки. Для этих участков характерны повышенные скорости охлаждения металла, что приводит к увеличению его твердости и склонности к образованию холодных трещин. Еще одной особенностью таких соединений является образование участков металла с неблагоприятной охрупченной структурой.

Данные работы [7] свидетельствуют, что из-за увеличения уровня остаточных напряжений и образования неоднородностей структуры при ремонтной сварке значения ударной вязкости снижаются на 20... 25 % по сравнению с исходным вариантом.

В работе [5] установлено, что вблизи исправленных сваркой дефектных участков могут возникать дефекты, обусловленные пластическими деформациями укорочения. Склонность сварных соединений к образованию таких дефектов тем больше, чем меньше их деформационная способность.

Для ремонтной сварки характерно также появление микротрещин в ледебуритном слое на поверхности реза, осуществляемого кислородной горелкой [3], наличие подрезов, несплавлений, неметаллических включений. При ремонтной сварке возможно образование ламелярных трещин [4].

В работе [8] отмечается, что отремонтированные тавровые сварные соединения стали средней прочности имеют более низкую сопротивляемость образованию усталостных трещин, чем не подвергавшиеся ремонтам соединения той же стали. Это объясняется тем, что в ремонтных сварных соединениях обнаруживается неоднородность прочностных свойств (участки металла с повышенной хрупкостью). Сопротивляемость усталостному разрушению указанных сварных соединений возрастает после дугового оплавления угловых швов.

По мнению авторов работы [2], технологии восстановления следует уделять большее внимание, чем первоначальной сварке. Важнейшей задачей при этом является выбор или разработка таких сварочных технологий, которые обеспечат низкий уровень остаточных напряжений и позволят в ряде случаев отменять мероприятия по их снятию.

Основными дефектами, исправляемыми ремонтной сваркой, являются усталостные трещины. Причиной их появления могут быть неадекватный проект конструкции, высокий уровень напряжений, неправильный выбор сварочных материалов, не способных обеспечить необходимую вязкость и свариваемость соединений, неудовлетворительное выполнение термической резки, недостаточное проплавление, наличие подрезов, вибрация, коррозионная среда, эксплуатационные нагрузки [9].

Особенности и причины разрушения конструкций должны быть учтены при разработке технологии их восстановления. В связи с этим в работе [6] рекомендуется перед проведением ремонтной сварки проанализировать следующее:

- позволяет ли состояние данной сварной конструкции производить на ней ремонтную сварку;
- сколько ремонтов можно производить на одном и том же участке сварной конструкции;

- какая технология может быть использована для обеспечения лучшей работоспособности и меньшей степени деградации свойств металла вблизи сварного соединения.

В работе [1] акцентируется внимание на обязательном осуществлении неразрушающего контроля поврежденных узлов изделия для установления границ залегания дефектов и идентификации основного металла перед ремонтной сваркой. Для последнего требуется определять его химический состав, а также проводить металло- и спектрографические исследования.

При ремонтной сварке выполняют удаление трещин, формирование разделки кромок, собственно ремонтную сварку и сопутствующие ей процессы [4, 9]. При необходимости улучшают дизайн конструкции, обрабатывают сварные соединения для снятия напряжений и повышения свойств металла. После сварки обязательно контролируют качество соединений.

Перед удалением трещины необходимо высверлить отверстия у ее вершины, а затем устранить поверхностные трещины с помощью шлифовки [10]. Удаление металла вблизи трещины следует выполнять за ее видимые границы, не должно оставаться дефектов, которые могут инициировать появление новых трещин [9]. Зону металла вблизи удаленной трещины необходимо контролировать ультразвуковым или рентгеновским методами.

Для удаления трещины и формирования разделки кромок используют различные способы обработки металла: газокислородную резку, воздушно-дуговую строжку угольным электродом, дуговую резку специальными электродами, шлифовку, фрезеровку и т. д.

Для удаления дефектов и выполнения разделки кромок рекомендуется использовать воздушно-дуговую строжку металла специальными электродами. В то же время наиболее предпочтительным способом для формирования разделки кромок является механическая обработка [11]. Соединения, разделку кромок для сварки которых выполняли способом фрезерования с помощью специального устройства, имели более высокую

сопротивляемость усталостным разрушениям, чем соединения с разделкой кромок, произведенной газокислородной резкой.

В работе [4] отмечается, что на свойства сварных соединений оказывают влияние параметры разделки кромок. Слишком узкая разделка способствует возникновению дефектов (шлаковых включений, несплавлений с основным металлом), а слишком широкая — увеличивает продолжительность сварки, затрудняет управление тепловложением и приводит к большому расходу сварочных материалов.

После удаления повреждений и формирования разделки кромок приступают непосредственно к процессу сварки. Разработке технологического процесса ремонтной сварки обычно предшествуют исследования, целью которых является изучение влияния того или иного фактора на работоспособность восстановленного узла конструкции. Поскольку значительная доля разрушений конструкций связана с образованием в них усталостных трещин, естественно, акцент в тематике исследований направлен на разработку способов повышения сопротивляемости отремонтированных соединений этому виду разрушения.

В работах [12, 13] описан способ повышения сопротивляемости сварных соединений усталостному разрушению, основанный на применении сварочной проволоки с 10 % Nb и 10 % Cr, которая обеспечивает низкую температуру мартенситных превращений в металле сварного шва. Мартенситные превращения сопровождаются увеличением объема и расширением металла шва на конечной стадии охлаждения. Благодаря этому в сварном соединении возникают сжимающие остаточные напряжения, способствующие повышению сопротивляемости сварных соединений усталостным разрушениям.

Кроме перечисленных способов, для повышения сопротивляемости сварных соединений усталостным разрушениям, рекомендуется применять специальные виды обработки, такие как ударная обработка, шлифовка, оплавление швов с использованием технологии ТИГ и др.

Рекомендуется подвергать ремонтные сварные соединения таким видам обработки, которые повышают сопротивляемость разрушениям [9]. Отмечается, что в ремонтных соединениях необходимо снижать уровень остаточных напряжений растяжения, уменьшать остроту надреза, удалять трещиноподобные дефекты. Для этого отремонтированные сварные соединения следует шлифовать, оплавливать вольфрамовым электродом в инертном газе или плазменной горелкой, проковывать пневматическим молотком. Первые два способа улучшают форму сварного соединения, третий снижает уровень остаточных напряжений растяжения в них.

После восстановления целостности отдельных узлов или конструкций проверяют качество ремонтных соединений. Если оно после ремонтной сварки соответствует уровню качества первоначального сварного соединения, то снижение долговечности, как правило, незначительно.

Поскольку при ремонте сварных соединений вероятность образования в них дефектов достаточно высока, этому процессу уделяют особое внимание. Как правило, для контроля качества сварных соединений применяют ультразвуковой, рентгенографический, магнитопорошковый, выборочной разрезки сварных соединений и другие способы. Ультразвуковой контроль проводят с целью выявления трещин, шлаковых включений, пор и т. д. Кроме того, рекомендуется измерять твердость металла шва и ЗТВ в сварном соединении по Виккерсу и контролировать изменение размеров изделия.

Необходимо отметить тот факт, что на практике выполнение ремонтной сварки в одном соединении может повторяться несколько раз. О том, как это сказывается на дальнейшей работоспособности изделия, единого мнения нет.

1.6 Постановка задач дипломного проектирования

Исходная технология сварки основана на применении ручной дуговой сварки штучными электродами. Такая технология сварки обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН

2.1 Анализ используемых способов сварки

Преимуществами дуговой сварки штучными электродами (рис. 2.1) являются то, что равномерное плавление металла электрода и обмазки гарантирует качественную шлаковую защиту сварного шва, существует возможность легирования металла шва. Недостатками: ручной труд, высококвалифицированный персонал, необходимость часто менять электроды и прерывать процесс сварки, отсутствует возможность автоматизации процесса.

Преимуществами аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (рис. 2.2) является то, что аргон хорошо защищает сварной шов и сварочную ванну, происходит качественная проварка корня шва, существует возможность применения проволок очень большого и очень малого диаметров, возможность подбора проволоки полностью совпадающей по химическому составу с основным металлом. Недостатками являются: дорогой и дефицитный защитный газ, при ручной сварке требуется высококвалифицированный персонал, происходит интенсивный износ оборудования при работе на высоких сварочных токах (крошатся сопла, разрушается горелка).

Сварка в среде защитного газа плавящимся электродом (рис. 2.3) может производиться в среде активных газов и среде инертных газов. Преимуществами сварки в активных газах (CO_2) являются хорошая газовая защита сварочной ванны и металла шва, относительно простое и недорогое оборудование, высокая производительность. Преимуществами сварки в инертных газах (Ar) является то, что аргон хорошо защищает сварной шов и сварочную ванну, возможна качественная проварка корня шва, высокая производительность сварки. Недостатками сварки в среде защитного газа

плавящимся электродом является необходимость в приобретении механизма подачи присадочной проволоки, неравномерность подачи присадочного материала, необходимость в газовых баллонах, разбрызгивание металла.

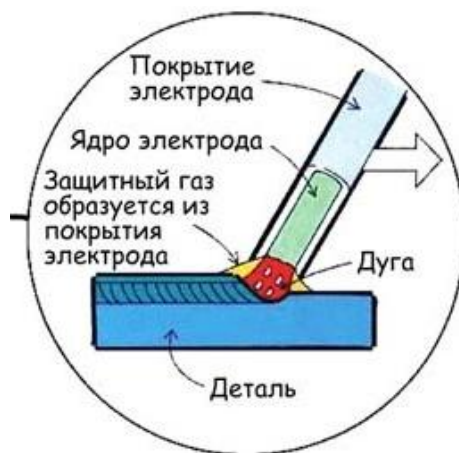


Рисунок 2.1 – Дуговая сварка плавящимся электродом

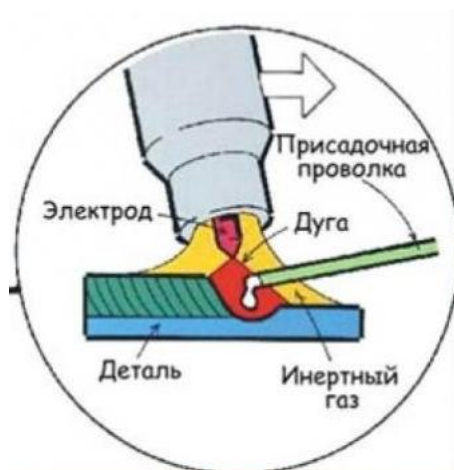


Рисунок 2.2 – Аргонодуговая сварка с присадочной проволокой

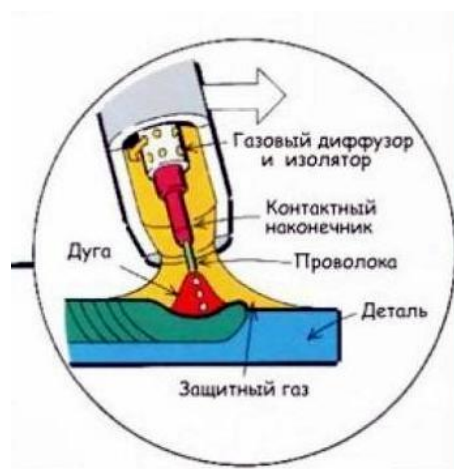
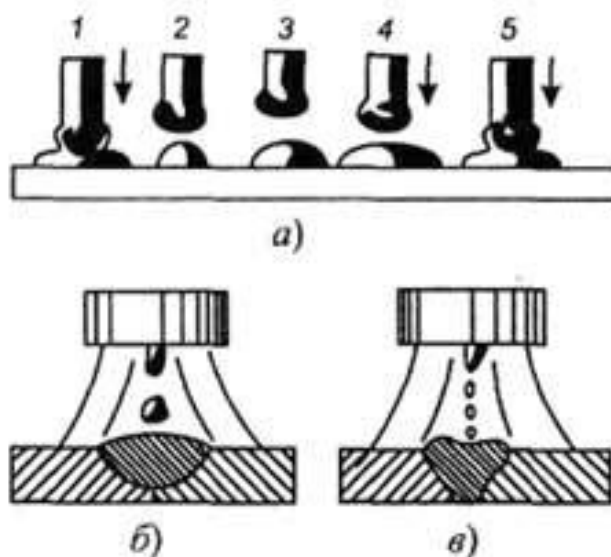


Рисунок 2.3 – Сварка в среде CO₂ плавящимся электродом

В результате анализа способов сварки выбираем сварку в среде CO_2 плавящимся электродом. Такой выбор связан с возможностью обеспечения стабильности качества соединения и высокой производительностью. Недостатками такого способа является: проблема обеспечения провара шва и сильное разбрызгивание металла в процессе сварки.

При сварке плавящимся электродом шов образуется за счет проплавления основного металла и расплавления дополнительного металла — электродной проволоки. Поэтому форма и размеры шва помимо прочего (скорости сварки, пространственного положения электрода и изделия и др.) зависят также от характера расплавления и переноса электродного металла в сварочную ванну. Характер переноса электродного металла определяется в основном материалом электрода, составом защитного газа, плотностью сварочного тока и рядом других факторов.

Существует несколько форм переноса расплавленного электродного металла в зону сварки. Данные способы представлены на рисунке 2.4.



а) с помощью короткого замыкания; б) капельный способ; в) струйный способ

Рисунок 2.4 – Виды переноса расплавленного металла в зону сварки

Перенос с помощью короткого замыкания используется при сварке электродными проволоками диаметром 0,5 ... 1,6 мм при короткой дуге с

напряжением 15 ... 22 В. После очередного короткого замыкания (1 и 2 на рис. 2.4 а) силой поверхностного натяжения расплавленный металл на торце электрода стягивается в каплю. В результате длина и напряжение дуги становятся максимальными. Во все стадии процесса скорость подачи электродной проволоки постоянна, а скорость ее плавления изменяется и в периоды 3 и 4 меньше скорости подачи. Поэтому торец электрода с каплей приближается к сварочной ванне (длина дуги и ее напряжение уменьшаются) до короткого замыкания (5). При коротком замыкании резко возрастает сварочный ток и как результат этого увеличивается сжимающее действие электромагнитных сил, совместное действие которых разрывает перемычку жидкого металла между электродом и изделием. Во время короткого замыкания капля расплавленного электродного металла переходит в сварочную ванну. Далее процесс повторяется.

Однако увеличение плотности сварочного тока и длины (напряжения) дуги ведет к изменению характера расплавления и переноса электродного металла, перехода от сварки короткой дугой с короткими замыканиями к процессу с редкими короткими замыканиями или без них. В сварочную ванну электродный металл переносится нерегулярно, отдельными крупными каплями различного размера, хорошо заметными невооруженным глазом. Если удастся повысить плотность тока при сварке короткими замыканиями, то значительно увеличится глубина провара и станет возможно варить без разделки кромок.

2.2 Подготовка к сварке

При подготовке к сварке, емкость вагона-цистерны должна быть очищена. В тех местах, где планируется проведение сварки необходимо очистить от окалины и следов различных загрязнений (краска, следы ржавчины).

Для осуществления подготовки мест под сварку должны использоваться механические способы обработки либо вручную с помощью металлической щетки, либо с применением электроинструмента с абразивным кругом. При этом очистка должна проводиться до появления характерного металлического блеска поверхности.

Глубина разделки трещин сквозного типа следует выбирать так, чтобы она доходила до неповрежденного металла. По длине трещина разделяется, заходя за границы ее концов на 1,5-2,0 см.

При выполнении разделки сквозных трещин ее концы следует рассверливать с выполнением отверстий диаметром 9-14 миллиметров. Полученные отверстия необходимо зенкеровать на глубину 0,3...0,5 толщины металла.

Для облегчения обнаружения границ трещин ее следует нагреть с помощью газовой горелки до температуры не выше 150 °С. Метки с обозначением границ трещин наносят с использования керн.

При выполнении разделки, на участке находящимся на расстоянии 5 см от концов трещин, необходимо выполнять плавный переход на поверхность неповреждённого участка металла.

Разделка кромок может быть осуществлена с использованием плазменного резака РПВ-101 (рис. 2.5).

Данный резак применяется для плазменной резки черных и цветных металлов толщиной до 5 см, алюминия и его сплавов толщиной до 2,5 см, меди и ее сплавов толщиной до 3,0 см. Максимальный ток при резке

составляет - 250 А. Эксплуатация данного резака допускается, как в отапливаемых, так и не в отапливаемых помещениях.

Резак состоит (рисунок 2.5) из головки (1), ручки (2), муфты (3), штуцера (4), кабель-шланга (5); сердечника (6), отверстия в сердечнике (7), воздухоподводящей трубы (8), гайки (9), электрода (10), вставки электрохимической (11), накидной гайки (12), кожуха (13), сопла (14), изолятора (15), отверстия изолятора (16), завихрителя (17), пружины (18).

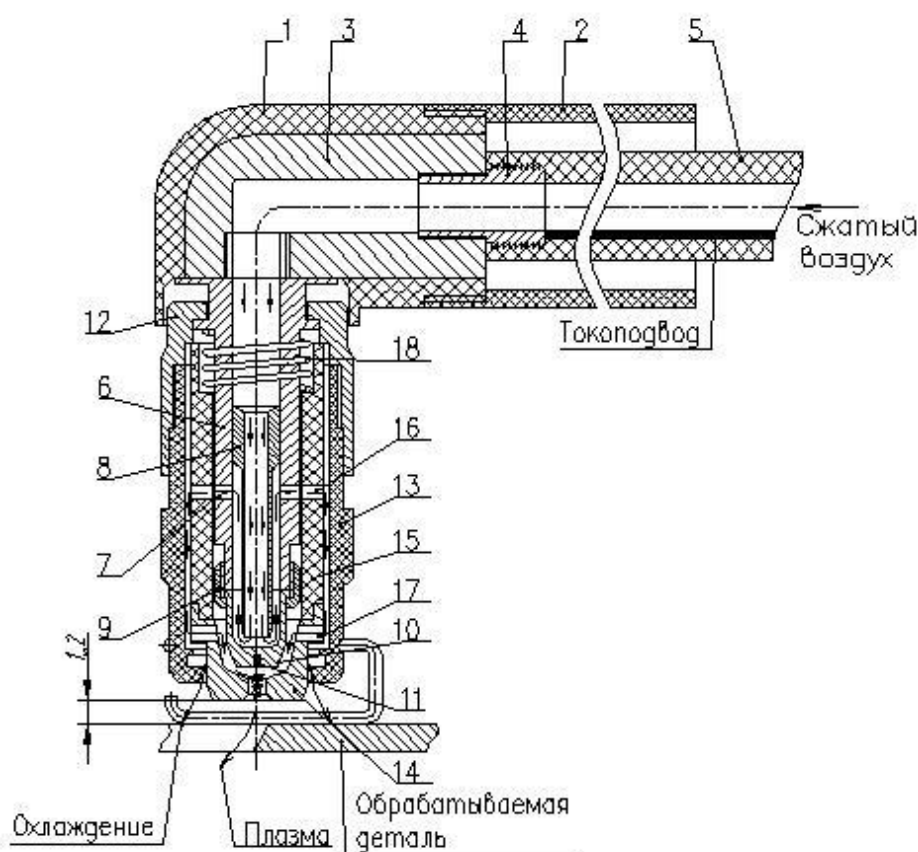


Рисунок 2.5 – Схема плазменного резака РПВ-101

Геометрические размеры выполняемых на ремонтном участке кромок должны соответствовать требованиям, указанным в ГОСТе 14771. Геометрические параметры кромок приведены на рисунке 2.6.

Перед проведением сварки необходимо зачистить поверхность кромок и прилегающего металла. При этом границы зачищаемой поверхности должны лежать на расстоянии не менее 20 мм шва (с обеих сторон).

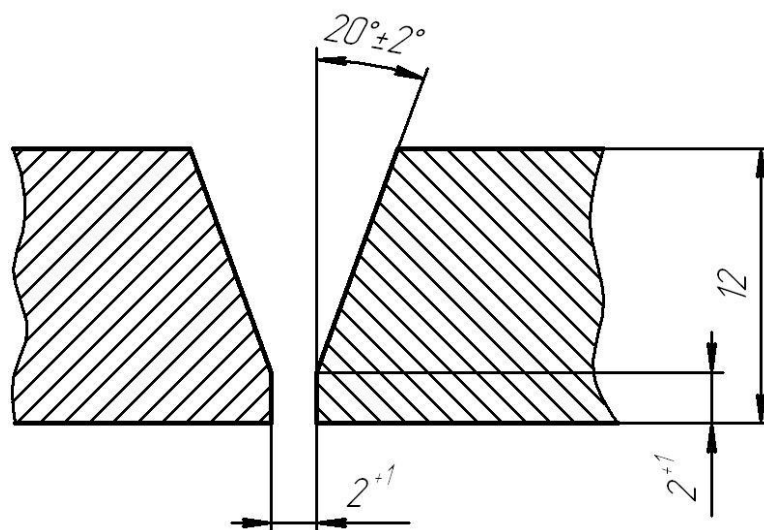


Рисунок 2.6 – Геометрические параметры кромок с допусками в соответствии с ГОСТом 14771—78

2.3 Проведение сварки

При сварке необходимо применять CO_2 высшего или I сорта в соответствии с ГОСТом 8050. Баллоны, содержащие в себе CO_2 , окрашиваются в черный цвет, на них наносят надпись желтую желтой краской: "Углекислота"/"CO₂ сварочный". Скорость расхода CO_2 при осуществлении сварки должна лежать в диапазоне от 1,1 до 1,5 м³/ч.

Качество углекислого газа снижается с увеличением в нем как воды, так и воздуха. Данные примеси скапливаются в нижней и верхней частях баллона, поэтому перед началом использования баллона рекомендуется выпустить первую порцию газа "вхолостую" и удалить появившуюся влагу.

Предотвращение замерзания влаги в редукторе, а также осушителя осуществляется путем нагрева газа с помощью устройства по типу ПУ-70.

При выполнении сварки необходимо использовать постоянный ток прямой полярности – 200-250 ампер. Диаметр электродной проволоки должен быть равен 1,4 миллиметра. Вылет электрода следует задавать в диапазоне от 13 до 20 миллиметров. Сварку следует осуществлять методом «углом назад».

Стоит отметить, что на устойчивость процесса сварки в среде углекислого газа в значительной степени влияет величина вылета электрода.

Так превышение вылета рекомендуемого значения приводит уменьшению устойчивости дуги и повышает силу разбрызгивания металла.

При сварке применяется источник тока ПДГ-525.

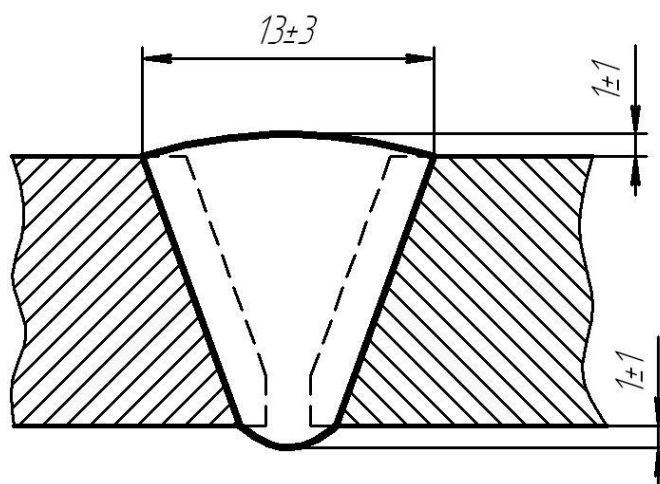


Рисунок 2.7 – Геометрические параметры шва

2.4 Проведение контроля качества шва

Виды контроля и их периодичность должны быть указаны в технологической карте ремонтной сварки. Краска на сварных соединениях, подвергающихся контролю должна отсутствовать.

При контроле выполнения технологического процесса проверяется, как качество основного металла и сварочных материалов, так качество работ по подготовке кромок к сварке и сборке.

Металл емкости вагона-цистерны, присадочный материал и металл накладки следует проверять на соответствие их требованиям, указанным в стандартах на марки этих материалов.

Всегда необходимо проверять наличие у сварочных материалов сертификатов качества.

При контроле качества выполнения подготовительных к сварке работ, необходимо проверять геометрические параметры кромок, качество

подготовки поверхности, точность расположения деталей участвующих в сварке.

Технологическое оснащение, измерительный инструмент, шаблоны, приспособления должны периодически проходить метрологический контроль и калибровку.

Применяемое при сварке оборудование и приспособления должны проверяться на соответствие их параметров и характеристик паспортным данным.

Оборудование, приспособления и инструмент должны проверяться на технологическую точность и соответствие паспортным данным.

Используемые для контроля приборы следует проверять на точность показаний с использованием эталонных приборов и шаблонов.

В процессе операционного контроля выполнения сварочных работ, необходимо контролировать последовательность выполнения технологических операций, а также правильность задания режимов.

Все сварные соединения до применения других методов контроля должны подвергаться внешнему осмотру. При осмотре необходимо проверять сварной шов по всей длине, с обеих сторон.

Осмотр может осуществляться, как невооружённым взглядом, так и с использованием оптических приборов, например лупы с четырёхкратным увеличением. При осмотре необходимо проверять отсутствие дефектов по типу трещин, свищей, подрезов, прожогов, непроваров.

Перед выполнением осмотра соединения шов и близлежащие поверхности очищаются от следов загрязнений и шлака. Границы поверхности очистки металла должны лежать на расстоянии не менее 20 мм шва (с обеих сторон).

Перед проведением других видов контроля необходимо выполнить устранение дефектов, выявленных осмотром.

Для проверки герметичности сварного шва проводят контроль с использованием керосина. При этом проверяемое сварное соединение

смачивается керосином, после чего проводится его осмотр. Если в шве присутствуют поры, трещины или непровары, то на меловой основе, нанесенной с обратной стороны соединения, в этих местах появляются желтые отметины в виде точек или полос.

Контроль герметичность методом налива воды используется при проверке соединений выполненных на емкостях, баках, цистерн и др. При этом температура окружающего воздуха должна быть выше 0°C , а температура воды $\geq 5^{\circ}\text{C}$ по ГОСТу 22161.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

Для внедрения предлагаемых в данной выпускной квалификационной работе технологических мероприятий необходимо произвести поиск опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают проектный технологический процесс. Далее необходимо предложить меры, которые устранят опасные и вредные производственные факторы или позволят уменьшить их до приемлемого уровня.

В проектной технологии предлагается использовать механизированную сварку с защитных газов с импульсной подачей проволоки вместо ручной дуговой сварки штучными электродами. Как показывает практика, применение импульсных источников питания позволяет улучшить санитарно-гигиенические характеристики дуговой сварки, так как они позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [20, 21, 22]. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [23, 24].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Зачистка трещины от грязи и краски	Слесарь-сборщик	1. Машинка угловая шлифовальная 2. Дрель электрическая 3. Щётка металлическая	Вода техническая, круг абразивный
2. Разделка кромок	Слесарь-сборщик	1. Аппарат плазменной строжки 2. Щётка металлическая	Воздух сжатый
3. Заполнение разделки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1. Выпрямитель сварочный 2. Полуавтомат 3. Формирователь импульсов	Сварочная проволока,
4. Проведение контроля качества ремонтной сварки	Дефектоскопист ультразвукового контроля	Аппарат ультразвукового контроля	Масло

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Зачистка трещины от грязи и краски	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	1. Машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 2. Дрель электрическая 3. Щётка металлическая
2. Разделка кромок	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	1. Аппарат плазменной строжки Powermax 125 2. Щётка металлическая

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Заполнение разделки	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	1. Выпрямитель ВДУ-506 2. Полуавтомат ПДГ-525 3. Формирователь импульсов
4. Проведение контроля качества ремонтной сварки	- повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Аппарат ультразвукового контроля

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка	Установка индукционного нагрева, сварочный источник питания	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка дефектного места, сварка и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов для ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Подготовка стыка, сборка под сварку, сварка, контроль качества	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно о стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки вагонов-цистерн. При выполнении базовой технологии ремонтной сварки предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один условный дефект с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовительная; вторая – сварочная; третья операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один условный дефект.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	10000	10000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонтаж Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	140000	270000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	10	40
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	4,2	4,2
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	2	1

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{cm} – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

$D_{п}$ – общее количество предпраздничных дней;

T_{Π} – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_3 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{шт.баз} = 2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,42 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{г} = \frac{F_{э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

где $F_{э}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{г.баз.} = 4108 / 2,42 = 1687 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{г.проектн.} = 4108 / 1,21 = 2374 \text{ дефектов за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{г} = 500$ дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{расч} = \frac{t_{шт} \cdot П_{г}}{F_{э} \cdot K_{вн}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$П_{г}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{э}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{расч.б} = \frac{2,42 \cdot 500}{4108 \cdot 1,03} = 0,3$$

$$n_{расч.пр} = \frac{1,21 \cdot 500}{4108 \cdot 1,03} = 0,15$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну

единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{3б} = 0,3/1 = 0,3$$

$$K_{3п} = 0,15/1 = 0,15$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии ремонтной сварки предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

Базовая технология: площадь разделки шва – $1,58 \text{ см}^2$, длина дефекта 50 см, расход электродов – 1,8 кг на 1 кг наплавленного металла.

Проектная технология - площадь разделки шва – $1,0 \text{ см}^2$, длина дефекта 50 см, расход проволоки – 1,2 кг на 1 кг наплавленного металла, стоимость защитного газа – 6 руб.

$$M_{\text{баз.}} = 354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,8 \cdot 1,05 : 1000 = 412 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 78 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн. баз.}} = 2,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 909,92 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн. проектн.}} = 1,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 454,96 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп. базов.}} = 909,92 \cdot 12 / 100 = 109,20 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп. проектн.}} = 454,96 \cdot 12 / 100 = 54,60 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 909,92 + 109,20 = 1019,12 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 454,96 + 54,60 = 509,56 \text{ рублей.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot \text{Ксн} / 100, \quad (4.10)$$

где Ксн – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 1019,12 \cdot 34 / 100 = 346,50 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 509,56 \cdot 34 / 100 = 173,25 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot \text{На} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $\text{Ц}_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{140000 \cdot 21,5 \cdot 2,42}{4108 \cdot 100} = 17,73 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{270000 \cdot 21,5 \cdot 1,21}{4108 \cdot 100} = 15,54 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (4.13)$$

где $M_{\text{уст}}$ – принятое значение мощности установки;

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{10 \cdot 2,42 \cdot 4,2}{0,7} = 145,2 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{40 \cdot 1,21 \cdot 4,2}{0,85} = 239,15 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{оббаз.}} = 17,73 + 145,2 = 162,93 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{обпроектн.}} = 15,54 + 239,15 = 254,69 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плб}} = \frac{10000 \cdot 20 \cdot 2,42}{4108} = 117,82$$

$$P_{\text{плп}} = \frac{10000 \cdot 20 \cdot 1,21}{4108} = 58,91$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{ПЛБ} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 2,42}{4108 \cdot 100} = 17,37$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,21}{4108 \cdot 100} = 8,84$$

$$З_{ПЛБаз.} = 117,82 + 17,37 = 135,19 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПРоектн.} = 58,91 + 8,84 = 67,75 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = M + ФЗП + Осс + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 412 + 1019,12 + 346,50 + 162,93 + 153,36 + 135,19 = 2075,74 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 55 + 509,56 + 173,25 + 254,69 + 152,19 + 67,75 = 1060,25 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (4.18)$$

где $K_{ЦЕХ}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 2075,74 + 1,5 \cdot 909,92 = 2075,74 + 1364,88 = 3440,62 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 1060,25 + 1,5 \cdot 454,96 = 1060,25 + 682,44 = 1742,69 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЗАВ} \quad (4.19)$$

где $K_{ЗАВ}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{ЗАВБаз.} = 3440,62 + 1,15 \cdot 909,92 = 3440,62 + 1046,41 = 4487,03 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1742,69 + 1,15 \cdot 454,96 = 1742,69 + 523,20 = 2265,89 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция., рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	412	55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	1019,12	509,56
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	346,50	173,25
4	Затраты на оборудование	Зоб	162,93	254,69
5	Расходы на площади	Зпл	135,19	67,75
	Себестоимость технологическая	Стех	2075,74	1060,25
6	Расходы цеховые	Рцех	1364,88	682,44
	Себестоимость цеховая	Сцех	3440,62	1742,69
7	Расходы заводские	Рзав	1046,41	523,20
	Себестоимость заводская	С _{зав}	4487,03	2265,89

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$\Pi_{\text{ОБ.Б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $\Pi_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 140000 - (140000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 49700 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 49700 \cdot 0,3 = 14910 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = \Pi_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 270000 \cdot 1,05 \cdot 0,15 = 42525 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 140000 \cdot 0,05 = 7000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 270000 \cdot 0,05 = 13500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 7000 + 13500 = 20500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 42525 + 20500 = 63025 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ.}} \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 63025 - 14910 = 48115 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 14910/500 = 29,82 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 63025/500 = 126,05 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{2,42 - 1,21}{2,42} \cdot 100\% = 50\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$П_{\text{т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{т}} = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{2075,74 - 1060,25}{2075,74} \cdot 100\% = 49\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$Э_{\text{у.г.}} = (4487,03 - 2265,89) \cdot 500 = 1110570 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{OK} = \frac{481150}{1110570} = 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{г} = 1110570 - 0,33 \cdot 48115 = 1094692 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 50 %, увеличение производительности труда на 100 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 49 %. Расчетная величина условно-годовой экономии составила 1,1 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 1,09 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение производительности и качества выполнения операции ремонтной сварки при заварке дефектов вагонов-цистерн.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки вагонов-цистерн. При выполнении базовой технологии ремонтной сварки предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 50 %, повышению производительности труда на 100 %, снижению технологической себестоимости на 49%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 1,09 млн рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Maccocaire C. Repair welding: how to set up a shop // Welding Joural. – 1991. – № 8. – P. 54–56.
2. Irving R.R. Can industry afford the high cost of weld repair? // Iron Age. - 1980. – № 3. – P. 49–55.
3. Donglin Y. A study on cracks on the oxygas cut surfaces of weld grooves of 14MnMoVN steel plates during cold forming / Y. Donglin, H. Yongfu, Z. Rangez [et al.] // Trans. China Welding. Inst. – 1982. – № 4. – P. 159–164.
4. Ларионов, В.П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении. – Новосибирск: Наука, 1986. – 168 с.
5. Волков, А.С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов // Сварочное производство. – 1974. – № 8. – С. 33–34.
6. Somardzic I., Siewert T. Reliability improvements in repair welding of high strength steels. – S. I. [2001]. – 13 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. IX-2002-01).
7. Lai M.O., Fong H.S. Fatigue performace of repaired pipelines steel weld // J. Mater. Sci. Lett. – 1988. – № 12. – P. 1353–1354.
8. Brink S.H. Reparatielassen // Lastetechnik. – 1989. – No 2. – P. 40–41, 43, 45, 47.
9. Recommendation on the repair of fatigue-loaded welded structures. – S. I. [1996]. – 16 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XIII-1632-96).
10. Miki C. The repair of fatigue loaded welded structures. – S. I. [1997]. – 10 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XIII WG5-14-97).
11. Ларионов, В.П. Рекомендации по выполнению сварочно-монтажных работ при изготовлении и ремонте металлоконструкций и деталей машин, предназначенных для работы в районах Крайнего Севера / В.П. Ларионов, Р.С. Григорьев, О.И. Слепцов, К.Н. Тулохонов. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1980. – 23 с.

12. Ohta A., Maeda Y., Suzuki N. Fatigue life extension by repairing fatigue cracks initiated around box welds with low transformation temperature welding wire. – S. I. [2000]. – 13 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XIII-1835-00).

13. Ohta A., Suzuki N., Maeda Y. Extension of fatigue life by additional welds using low transformation temperature welding material. – S. I. [2001]. – 8 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XIII-1881-01).

14. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1979. – 462 с.

15. ГОСТ 9466-75 - Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. Введ. 01.01.1976. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 42 с.

16. Любавский, К.В., Сварка плавящимся электродом в атмосфере защитных газов / К.В. Любавский, Н.М. Новожилов // Автогенное дело. – 1953. – № 1. – С. 4–8.

17. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.

18. Верёвкин, А.В. Повышение эффективности сварки в CO_2 неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Барнаул: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2010.

19. Патон, Б.Е. Применение защитных газов в сварочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 17–24.

20. Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

21. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
22. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
23. Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.
24. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
25. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
26. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
27. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
28. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
29. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
30. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.