

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонтной сварки цистерны автогудронатора

Обучающийся

Н.С. Воронцов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Э. Советкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при ремонтной сварке цистерны автогудронатора

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Составлена проектная технология сварки, особенности выполнения операций которой описаны в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту металлических конструкций.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки цистерн автогудронатора. . .	7
1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия.	7
1.2 Сведения о материале цистерны автогудронатора.	10
1.3 Особенности выполнения операций при осуществлении базовой технологии ремонтной сварки.	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	15
2 Разработка проектной технологии ремонтной сварки цистерны автогудронатора.	17
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	17
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.	23
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки.	25
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	28
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	28
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	29
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	31
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта	33
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	35
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	37
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	

технологиям	37
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	39
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	40
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	42
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии	46
4.6 Показатели экономической эффективности.	48
Заключение	50
Список используемой литературы и используемых источников.	52

Введение

В настоящее время перед отечественным и мировым хозяйством остро стоит проблема исчерпания ресурса металлических конструкций в результате их длительной эксплуатации [21], [23], [24], [26]. В работе [24] указывается, что в большинстве конструкций накоплен опасный уровень хрупких и усталостных разрушений. Значительная часть конструкций превысила нормативный срок эксплуатации. Но, несмотря на это, продолжают работать, их замены на новые конструкции не происходит [23]. Основной причиной такого явления стала высокая стоимость приобретения и монтажа новых конструкций взамен устаревающих. Также при замене конструкции на новую необходимо считаться с простоями, которые приведут к дополнительным убыткам. Исходя из этого в мире продолжают интенсивно разрабатываться методы, использование которых даёт возможность продления срока эксплуатации оборудования и конструкций. Значительную роль при этом играют сварочные технологии [23].

В работах [5], [14] и [21] указывается, что при построении технологии ремонтной сварки металлических конструкций зачастую за основу принимается технология первоначальной сварки, которая выполнялась при её изготовлении. При этом не выполняется учёта накопившихся в конструкции напряжений.

При ремонтной сварке вблизи исправляемых дефектных участков возможно образование новых дефектов по причине пластических деформаций укорочения [5]. Особенно это проявляется при ремонтной сварке конструкций, обладающих высокой жёсткостью.

В работе [29] показано, что ремонтная сварка металлических конструкций может стать причиной образования ещё большего числа повреждений и дефектов, чем до проведения ремонтной сварки. Это объясняется кратковременностью ремонтной сварки по сравнению с первоначальной сваркой и большим количеством участков начала и

окончания сварного шва. Для ремонтной сварки характерна высокая скорость охлаждения металла, что становится причиной образования холодных трещин и образования участков металла повышенной твёрдости.

Ранее отмечалось [22], что при ремонтной сварке стальных конструкций наблюдается снижение сопротивляемости усталостным трещинам по сравнению с конструкциями, не подвергающимися ремонтной сварке. Снижение ударной вязкости металла конструкций при ремонтной сварке достигает 20...25 % [25].

Указывается [24], что восстановительным технологиям необходимо уделять не меньшее внимание, чем разработке сварочных технологий при изготовлении конструкции. При этом в качестве главной задачи следует указать снижение уровня остаточных напряжений и деформаций, для чего необходим адекватный выбор сварочных материалов, параметров режима и самого способа сварки. Правильно построенная технология ремонтной сварки позволяет получать настолько низкий уровень остаточных напряжений и деформаций, что проведения термической обработки может не потребоваться.

При выполнении ремонтной сварки значительное влияние на качество работ оказывают возникающие в процессе последующей эксплуатации усталостные трещины. Образование усталостных трещин происходит по причине ошибок, допущенных при проектировании конструкции, ошибок при выборе сварочного материала, нарушении параметров режима сварки и образующиеся при сварке дефекты [27].

На основании вышеизложенного следует признать актуальность поставленной в выпускной квалификационной работе цели – повышение производительности и качества при ремонтной сварке оборудования на примере цистерны автогудронатора.

1 Современное состояние ремонтной сварки цистерн автогудронатора

1.1 Особенности конструкции и эксплуатации изделия

Автогудронатор ДС-142Б, который представлен на рисунке 1, устанавливается на готовое шасси КамАЗ. Автогудронатор предназначен для транспортировки жидких битумных материалов в горячем и холодном состоянии с мест производства или хранения и равномерного распределения их при строительстве и ремонте автомобильных дорог и аэродромов.

Эксплуатация автогудронатора происходит при температуре окружающего воздуха от +5 °С до +40 °С.

Автогудронатор обеспечивает выполнение следующих операций:

- наполнение и опорожнение цистерны;
- передача битума в постороннюю ёмкость, минуя цистерну;
- розлив битума на подготовленную поверхность дорог или площадок;
- подогрев битума в цистерне до рабочей температуры.

Коробка отбора мощности осуществляет отбор мощности для обеспечения работы системы распределения битума.



Рисунок 1 – Внешний вид автогудронатора

На рисунке 2 представлена цистерна автогудронатора, в состав которой входит обечайки 3 и 4, днища 2 и волнорезы 3. Обечайка представляет собой барабан без дна, который имеет цилиндрическую форму. Обечайка является основной заготовкой для изготовления цистерны и выполняется из листа толщиной 8 мм. Волнорез служит для уменьшения инерционных сил, которые возникают при перемещении заполненной цистерны. Днища цистерны являются эллиптическим и изготавливается на специальном участке из листа толщиной 5 мм.

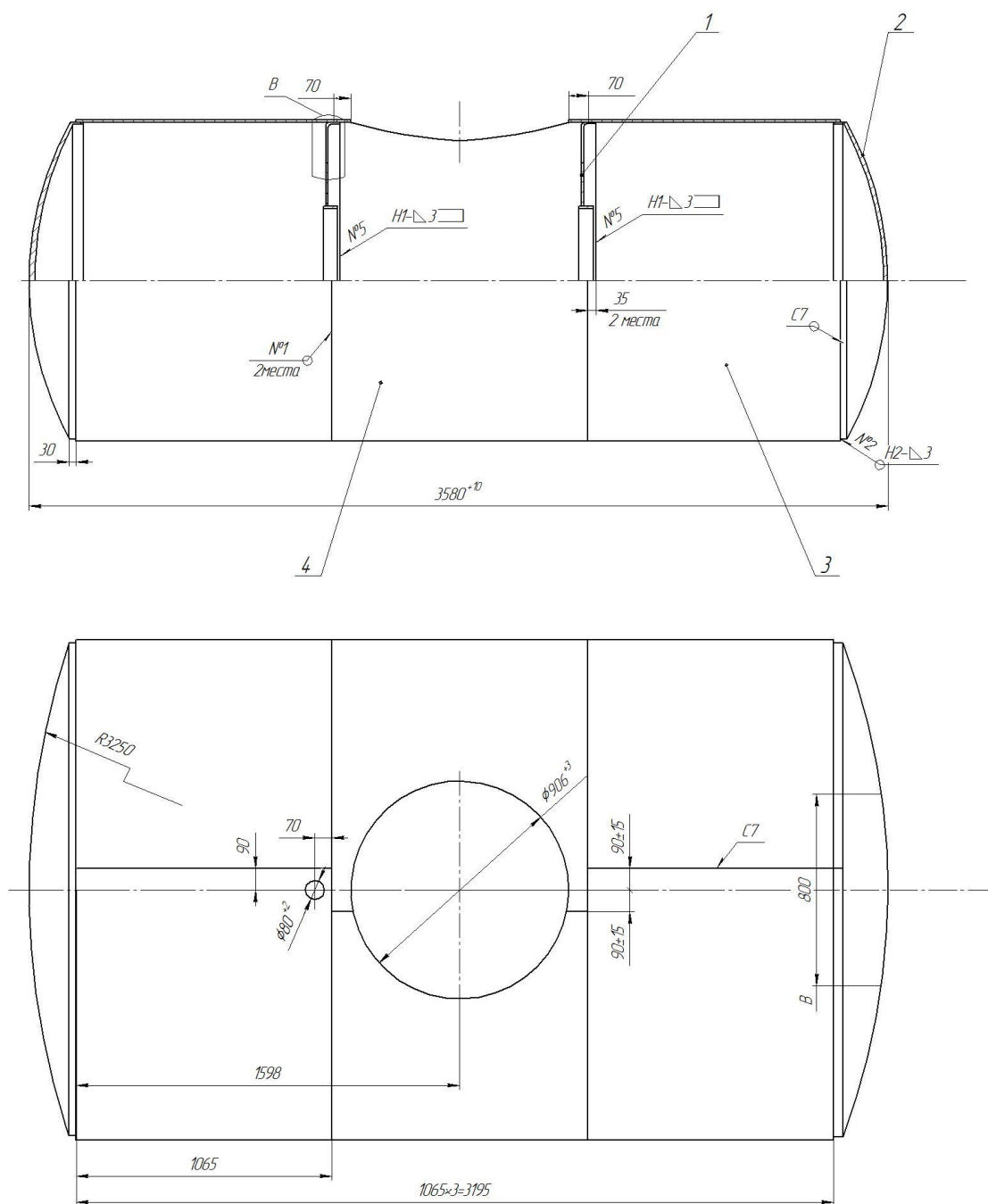


Рисунок 2 – Корпус цистерны автогудронатора

При эксплуатации автогудронатора в котле цистерны возникают дефекты: коррозий стенок цистерны, трещины в листах цистерны, вмятины и пробоины в днище и стенке, неплотности в сварных швах.

Самым серьёзным дефектом следует признать трещины в листах цистерны, которые приводят к вытеканию груза и могут стать причиной возникновения аварии со значительным ущербом.

Нарушение целостности металла цистерны происходит, в основном, по причине нарушения требований эксплуатации, ранее полученных при сварке дефектов и нарушении технологии ремонтной сварки.

На рисунке 3 представлен процесс ремонтной заварки трещины цистерны автогудронатора.



Рисунок 3 – Процесс ремонтной заварки трещины цистерны автогудронатора

При исправлении трещин, длина которых превышает 100 мм поперек сварного шва применяются накладки из металла толщиной 6...8 мм, которые имеют ширину 35...40 мм и длину 120...150 мм. Для того, чтобы получить плотное прилегание накладки к корпусу цистерны, необходимо срубить усиление сварного шва заподлицо с основным металлом. После установки накладки выполняют её обварку по периметру. При исправлении пробоины накладка должна полностью перекрывать пробоину, а сварку выполняют как с внешней стороны, так и с внутренней стороны. С внешней стороны обварку проводят по периметру накладки, а с внутренней стороны обварку проводят по периметру кромок пробоины.

1.2 Сведения о материале цистерны автогудронатора

Для изготовления элементов цистерны автогудронатора применяется сталь 09Г2С. Сталь 09Г2С является конструкционной низколегированной, получила широкое распространение при изготовлении сварных конструкций в станкостроении, машиностроении, транспорте, нефтяной промышленности, строительстве. Эксплуатация изделий из стали 09Г2С возможна при температурах от $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+425\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сталь обеспечивает продолжительный срок эксплуатации конструкции [6], [17], [18]. В качестве замены стали 09Г2С могут быть рассмотрены такие стали, как 10Г2С, 09Г2ДТ и 09Г2Т.

В таблице 1 представлены механические свойства стали 09Г2С, в таблице 2 представлено содержание химических элементов в стали 09Г2С.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73 [18]

$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{\text{т}}$, МПа	δ , %
460	300	31

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С [13]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
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 0,008	~96-97

В работах [4], [17] и [30] представлены сведения об особенностях поведения стали 09Г2С при сварке по сравнению с низкоуглеродистыми сталями, которые следует учитывать при построении проектной технологии ремонтной сварки. Высокие скорости охлаждения при сварке конструкций из стали 09Г2С могут стать причиной образования закалочных структур. Кроме характерных для данной стали структурных составляющих металла шва – перлита и феррита, в ней могут быть получены такие структуры, как мартенсит, остаточный аустенит и бейнит [4]. Образующиеся при сварке закалочные структуры могут быть равномерно и разориентированно

располагаться по объёму металла. В этом случае они себя никак не проявляют. При увеличении скорости охлаждения наблюдается интенсификация образования закалочных структур, происходит их группировка. Это вызывает снижение пластичности металла, а также повышают его склонность к хрупкому разрушению при пониженных температурах. Количество закалочных структур при сварке стали 09Г2С может повышаться из-за совокупно содержащихся в ней углерода, марганца и кремния. Вследствие описанной трудности при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать параметры режима, характеризующиеся меньшей погонной энергией по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей.

За счёт легирования сварного шва, которое выполняется через сварочную проволоку или электроды, удаётся улучшить свойства сварного шва и добиться равнопрочности основного и наплавленного металла. При этом необходимо, чтобы в варочных материалах содержалось сниженное по сравнению с низкоуглеродистыми сталями содержание серы.

В работе [17] показано, что для значительное влияние на снижение прочностных свойств сварных соединений из стали 09Г2С оказывает правильность выбора геометрии сварного шва и последовательности выполнения сварных швов на изделии.

1.3 Особенности выполнения операций при осуществлении базовой технологии ремонтной сварки

Перед тем, как выполнить ремонтную заварку трещины, необходимо очистить от грязи и краски поверхность металла. На концах трещины высверливают отверстия диаметром 8...12 мм и выполняют V-образную разделку трещины. Далее выполняют сварку. После наложения первого слоя выполняют зачистку наплавленного металла и места сварки, далее заварку отверстия. После этого выполняют второй слой сварного шва. При длине

трещины больше 300 мм ремонтную сварку следует выполнять обратноступенчатым швом при длине завариваемого участка не более 150 мм. Такая технология позволяет получить низкий уровень остаточных напряжений в конструкции и высокую прочность соединения. После этого выполняют срубку натёков и шлака до чистого металла, далее снаружи и изнутри накладывают контрольные швы, которые необходимы для увеличения прочности сварного соединения. С обеих концов трещины приваривают усиливающие накладки. При этом срубает усиление сварного шва в месте установки накладок заподлицо основному металлу. Накладки проваривают по всему её периметру.

Перед тем, как начать мероприятия по ремонту цистерны, её следует пропарить, промыть и дегазировать, очищая изнутри и снаружи. Перед выполнением сварочных работ следует провести проверку показателя взрывоопасности воздушной среды и на наличие токсичных выделений.

Разделку трещины проводят на всю толщину металла, угол разделки составляет 50...55 °. Перед разделкой необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании трещины необходимо обеспечить совпадение её концов с центрами отверстий или центра отверстий должны располагаться на 3...5 мм дальше концов трещины.

После того, как выполнено засверливание и разделка трещины, проводят зачистку основного металла до металлического блеска на ширину 25 мм от границ разделки. Также следует выполнить зачистку до металлического блеска усиливающего приварного элемента.

При заварке трещины сварку выполняют в два прохода. Перед выполнением второго слоя следует выполнить очистку предыдущего слоя сварного шва от шлаковых корок. При длине трещины больше 300 мм ремонтную сварку следует выполнять обратноступенчатым швом при длине завариваемого участка не более 150 мм. После заполнения разделки удаляют наплывы и шлак и выполняют подварку корня шва с обратной стороны.

Параметры режима ручной дуговой сварки при выполнении заварки трещины приведены в таблице 3. При сварке в качестве источника питания применяется выпрямитель ВД-252.

Таблица 3 – Параметры режима сварки электродами различных марок [17]

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Положение		
			нижнее	вертикальное	потолочное
«УОНИИ 13/45	3	70-100	+	+	+
	4	130-150	+	+	+
	5	160-200	+	+	-
УОНИ-13/55К	3	60-110	+	+	+
	4	120-160	+	+	+
	5	160-210	+	+	-
УОНИ-13/55	3	70-100	+	+	+
	4	130-160	+	+	+
	5	160-210	+	+	-
ОЗС-33» [12]	3	90-140	+	+	+
	4	130-210	+	+	+
	5	160-270	+	+	-

При заварке трещины участок с исправленным дефектом следует усилить установкой дополнительной накладки. При этом толщина накладки составляет 0,8...1,0 толщины стенки. Перед установкой накладки следует полностью удалить усиление сварного шва. При установке накладки должно обеспечиваться перекрытие трещины на 100 мм. Если это сделать затруднительно, величина перекрытия может быть уменьшена до 50 мм.

Приваривание накладки выполняют по всему её периметру. Сварные швы должны быть выполнены с вогнутой поверхностью и иметь плавный переход к основному металлу. При этом рекомендуется добиваться получения отношения катетов в диапазоне 1:1,5...1:2. Направление большого катета должно быть вдоль линии нагрузки при работе сварного соединения.

Для изготовления усиливающих накладок применяется листовая сталь 09Г2С. Перед выполнением установки и приварки накладки необходимо провести очистку её поверхности до металлического блеска на расстоянии 20 мм от краёв. Также необходимо очистить основной металл корпуса

цистерны в месте установки накладки на ширину 25 мм от краёв накладки. При установке накладки на корпус цистерны допускается зазор не более 1 мм. Параметры режима сварки приведены в таблице 3

Перед окраской исправленного места следует провести контроль качества проведённых работ. При входном контроле выполняют проверку состояния основного металла и сварочных материалов. При контроле состояния поверхности основного металла на ней не допускается наличие грязи, краски, следов коррозии. При контроле сварочных материалов проверяется наличие на них сертификатов.

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль. После визуально-измерительного контроля проводят ультразвуковой контроль.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

После обнаружения недопустимого дефекта его следует устранить. Для этого проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

При обнаружении внутреннего дефекта следует удалить дефектное место механическим способом и переварить

Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

В случае обнаружения подреза его удаляют зачисткой или зачисткой и заваркой. Удаление подреза только зачисткой без заварки допускается при глубине подреза не более 8 % толщины основного металла или не более 1 мм для толщины стенки от 6 до 20 мм.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе преследуется цель – повышение производительности и качества при ремонтной сварке оборудования на примере цистерны автогудронатора.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки и приварку усиливающей накладки. Как показывает практика и результаты литературного обзора, применение при ремонтной сварке дополнительных усиливающих конструкций не оправдывает себя с точки зрения обеспечения сопротивляемости конструкции усталостным разрушениям. Сварной шов от приварки усиливающей накладки становится источником новых дефектов и концентратором напряжений, что вызывает скорое разрушение конструкции.

Исходя из этого могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых обеспечит достижение поставленной цели.

Первой задачей является обоснование выбора способа ремонтной сварки. При этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений. Далее необходимо предложить способ сварки, который будет использован для построения проектной технологии.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции. При этом

следует основной упор следует делать на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [11], [15].

Третьей задачей является построение проектной технологии ремонтной сварки. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

Четвёртой задачей, которая будет решаться в оценочном блоке является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [7].

Пятой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [12], [13].

2 Разработка проектной технологии ремонтной сварки цистерны автогудронатора

2.1 Обоснование выбора способа сварки

В стали 09Г2С содержится незначительное количество элементов, которые имеют высокое сродство кислороду, поэтому сталь может считаться с малой химической активностью. Для сварки такой стали могут быть применены практически все дуговые способы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка неплавящимся электродом в инертных газах,
- сварка под флюсом.

Поскольку выпускная квалификационная работа посвящена ремонтной сварке, то пространственное положение может быть различным. Применение автоматической сварки под флюсом будет затруднено из-за сложностей, связанных с осыпанием флюса с поверхности изделий.

Самым универсальным способом следует признать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 4. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса.

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть

повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

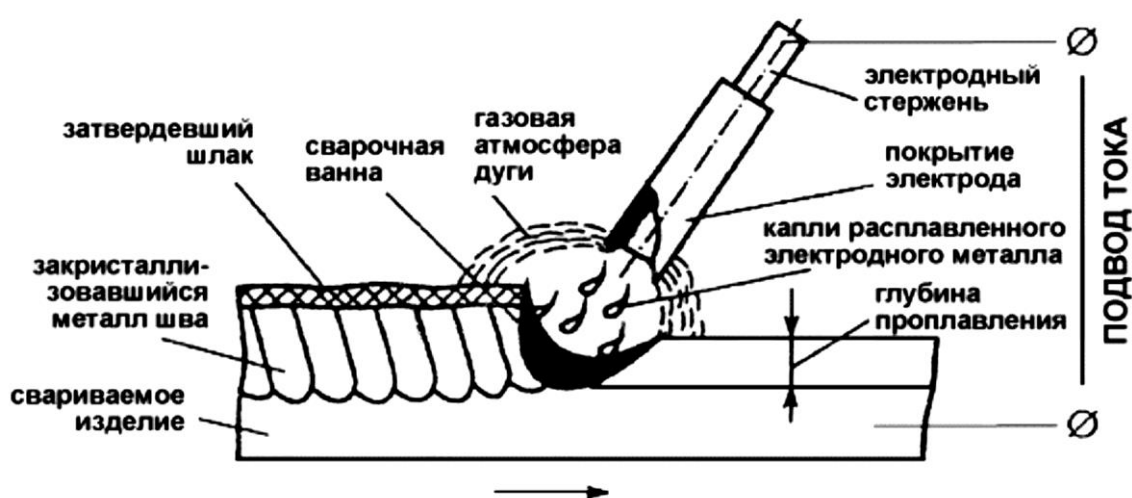


Рисунок 4 – Схема дуговой сварки штучными электродами

В числе преимуществ аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 5, следует указать, в первую очередь, высокое качество сварного шва. Этот способ сварки широко применяется в составе комбинированной сварки, когда с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом выполняются прихватки и коневой слой шва, а заполнение разделки выполняется с применением ручной дуговой сварки. Также существует возможность сварки металлов с особыми свойствами за счёт регулирования состава наплавленного металла. Сварка неплавящимся электродом характеризуется условиями труда, намного лучшими, чем ручная дуговая сварка.

В числе недостатков аргонодуговой сварки неплавящимся электродом следует указать высокую стоимость защитного газа, в качестве которого применяется аргон или ещё более дорогой гелий. Также требуется высокая квалификация сварщика, стоимость оборудования намного выше, чем для других рассмотренных способов сварки, а производительность ниже. Кроме того, при применении аргонодуговой сварки неплавящимся электродом повышаются требования к точности сборки.

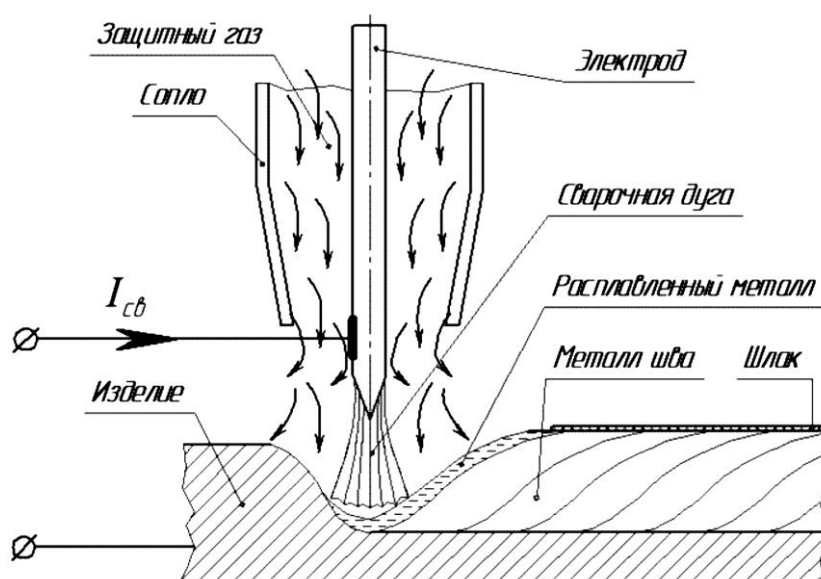


Рисунок 5 – Схема аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

В настоящее время в мире наблюдается устойчивый рост применения механизированных способов сварки, которые вытесняют ручную дуговую сварку [16]. При применении механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке в углекислом газе, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении сварки.

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы

сварки. Также повышенная вязкость расплавленного металла может стать причиной образования горячих трещин. Кроме того, низкая текучесть расплавленного металла может стать причиной образования дефектов при выполнении корневого слоя шва.

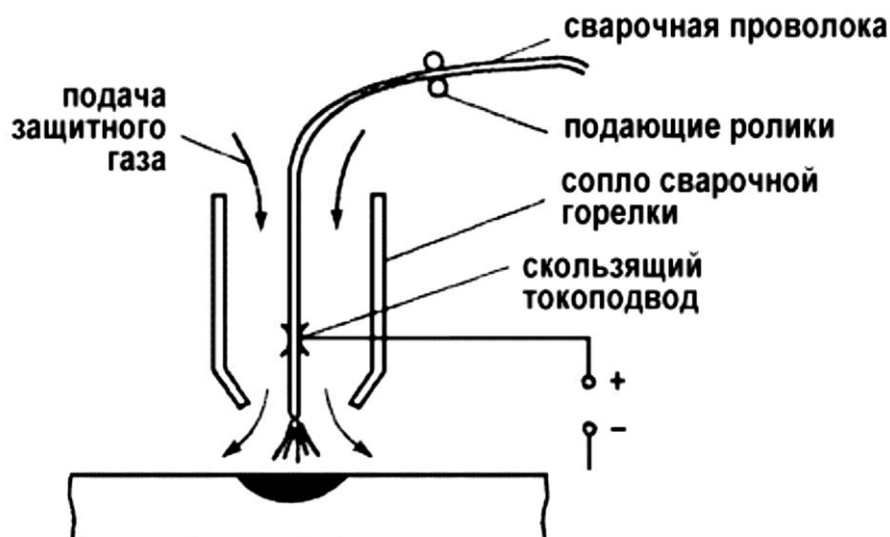


Рисунок 6 – Схема сварки в среде защитного газа плавящимся электродом

Сварка порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, может быть выполнена с использованием того же оборудования, что и сварка проволокой сплошного сечения. При этом удаётся реализовать преимущества сварки порошковыми проволоками. При сварке порошковыми проволоками удаётся получить сочетание положительных качеств ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах [19], [20].

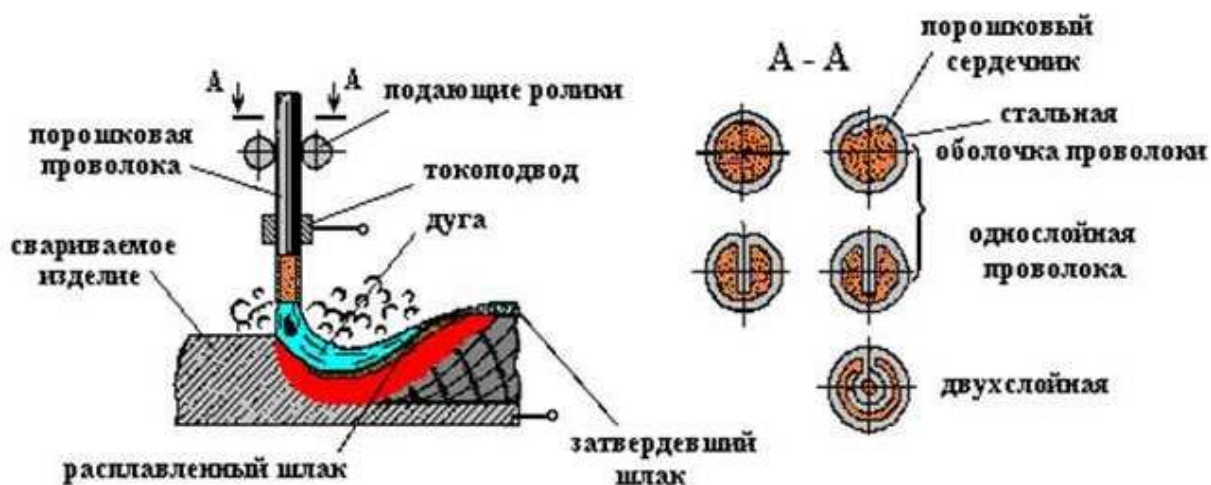


Рисунок 7 – Схема сварки самозащитной порошковой проволокой

Главным недостатком сварки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На основании предварительного анализа способов сварки для проведения экспертной оценки были выбраны следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка неплавящимся электродом в инертных газах.

На основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [1], [3], [9].

В качестве критериев оценки выступают:

- стоимость применяемого в технологическом процессе оборудования и материалов,
- производительность процесса ремонтной сварки,
- качество выполняемого сварного соединения,
- условия труда сварщика,
- эксплуатационные качества восстановленного изделия после выполнения ремонтной сварки,
- интегральная экономическая эффективность способа ремонтной сварки.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа сварки им были выставлены следующие экспертные оценки по критериям, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспертная оценка способов сварки по критериям

Наименование способа сварки	Номер критерия оценки					
	1	2	3	4	5	6
ручная дуговая сварка покрытыми электродами	4	2	1	1	1	2
механизованная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	2	3	3	3	3	3
механизованная сварка порошковой самозащитной проволокой	3	4	2	2	2	4
сварка неплавящимся электродом в инертных газах	1	1	4	4	4	1

По сумме баллов экспертной оценки ручная дуговая сварка получила 11 баллов, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах получила 17 баллов, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой получила 17 баллов, сварка неплавящимся электродом в инертных газах получила 15 баллов.

На основании результатов экспертной оценки следует сделать вывод, что перспективными для проектной технологии способами сварки являются механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

В странах СНГ наблюдается значительное отставание применения порошковых проволок, что объясняется недостаточным производством порошковых проволок.

На основании вышеизложенного для построения проектной технологии ремонтной сварки предлагается использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Для повышения эффективности выбранного способа сварки следует рассмотреть мероприятия, позволяющие устранить недостатки – повышенное разбрызгивание и сложность получения высокого качества при выполнении корневого шва.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Начиная с 60-х годов прошлого столетия ведутся интенсивные разработки импульсного управления сварочной дугой, которые позволяют управлять переносом электродного металла.

Расширение технологических возможностей импульсного управления получено за счёт применения инверторных источников питания сварочной дуги. Совершенствование процессов сварки идет в направлении разработки механизмов подачи проволоки и синтеза алгоритмов управления. Эффективность сварки в защитных газах в значительной степени определяется типом переноса электродного металла, который влияет на тепловой баланс при сварке, пространственную устойчивость сварочной дуги, металлургические процессы, геометрию сварного шва, образование дефектов, потери на угар и разбрызгивание [8].

На рисунке 8 представлены виды переноса электродного металла. Особенности каждого типа переноса электродного металла изучены и подробно описаны, каждый тип имеет свои преимущества и недостатки.

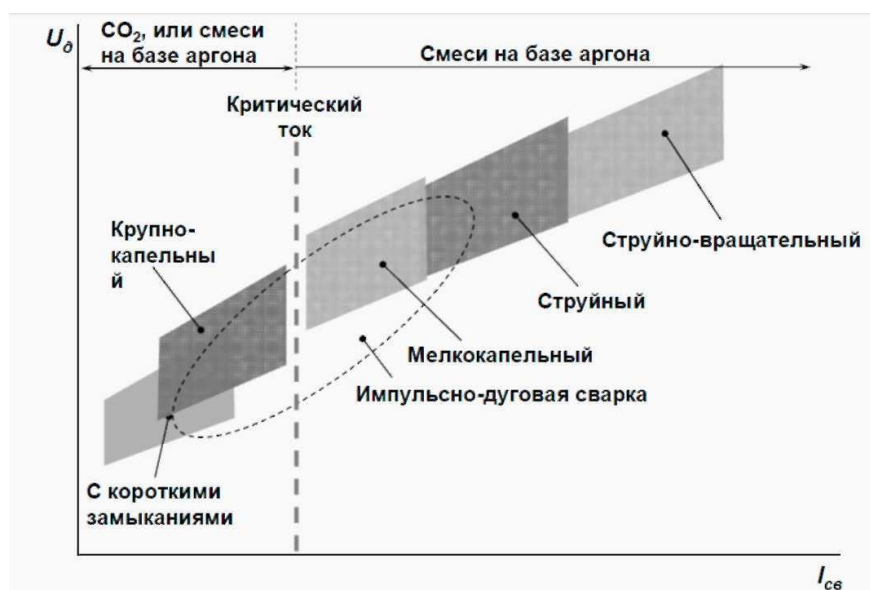


Рисунок 9 – Диапазон сварочных токов и напряжений на дуге при различных типах переноса металла

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

На рисунке 10 представлен источник питания сварочной дуги, реализующий технологию STT.



Рисунок 10 – Источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33

Источник питания сварочной дуги, реализующий технологию STT позволяет компенсировать изменение длины вылета электрода при помощи коррекции длительности импульса тока. По падению напряжения на электроде в момент короткого замыкания системой управления определяется вылет сварочной проволоки. Управляющий алгоритм обеспечивает поддержание длительности импульса плавления электрода пропорционально длине дуги. При этом величина измеренного в момент короткого замыкания напряжения подаётся на интегратор. В момент зажигания дуги интегратор начинает интегрирование и сравнивает полученное значение с задаваемым пользователем значением опорного напряжения [28].

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки

Перед тем, как начать мероприятия по ремонту цистерны, её следует пропарить, промыть и дегазировать, очищая изнутри и снаружи. Перед выполнением сварочных работ следует провести проверку показателя взрывоопасности воздушной среды и на наличие токсичных выделений.

Перед разделкой необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании трещины необходимо обеспечить совпадение её концов с центрами отверстий или центра отверстий должны располагаться на 3...5 мм дальше концов трещины.

Разделку краёв трещины выполняем с применением плазменной строжки, используя резак РПВ-101, питание которого выполняется от источника ВД-252. Возбуждение сжатой дуги выполняется при помощи осциллятора. После разделки следует провести зачистку основного металла до металлического блеска на ширину не менее 20 мм от разделки в обе стороны.

В качестве сварочной проволоки применим проволоку Св-08Г2С. В качестве защитного газа применим углекислый газ.

Сварку выполнять как можно более короткой дугой в два прохода. Высота слоя или валика должна составлять 3...4 мм. Сила сварочного тока составляет 200...250 А, скорость подачи проволоки устанавливается 100...150 мм/с. Сварку вести «углом назад». Диаметр проволоки 1,4 мм, вылет проволоки 13...20 мм. Расход защитного газа оставляет 900...1200 л/час.

При заварке сквозной выборки проводят сварку корневого слоя шва обратно-ступенчатым способом по всей длине выборки. Заполняющие и облицовочный слои шва выполняют по всей длине выборки за один проход. Сварку следует вести без перерывов одним сварщиком. Выполняют пооперационный контроль качества каждого слоя.

После сварки первого слоя необходимо проконтролировать наплавленный металл наличие дефектов, после этого заварить отверстия и приступить к выполнению второго слоя сварного шва.

Перед окраской исправленного места следует провести контроль качества проведённых работ. При входном контроле выполняют проверку состояния основного металла и сварочных материалов. При контроле состояния поверхности основного металла на ней не допускается наличие грязи, краски, следов коррозии. При контроле сварочных материалов проверяется наличие на них сертификатов.

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль. После визуально-измерительного контроля проводят ультразвуковой контроль.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна

для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

После обнаружения недопустимого дефекта его следует устранить. Для этого проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

При обнаружении внутреннего дефекта следует удалить дефектное место механическим способом и переварить

Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

В случае обнаружения подреза его удаляют зачисткой или зачисткой и заваркой. Удаление подреза только зачисткой без заварки допускается при глубине подреза не более 8 % толщины основного металла или не более 1 мм для толщины стенки от 6 до 20 мм.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [10] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [12], [13].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе решения поставленных задач настоящей выпускной квалификационной работы составлена проектная технология ремонтной сварки цистерны автогудронатора. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции и представлена в таблице 5. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Таблица 5 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. Подготовка трещины	слесарь-сборщик	1. Машинка угловая шлифовальная 2. Дрель электрическая 3. Щётка металлическая	Вода техническая, круг абразивный
2. Разделка комок	слесарь-сборщик	1. Аппарат плазменной строжки 2. Щётка металлическая	Воздух сжатый
3. Сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1. Выпрямитель сварочный 2. Полуавтомат 3. Формирователь импульсов	Сварочная проволока,
4. Контроль качества	дефектоскопист	1. Набор визуально-измерительного контроля, 2. Дефектоскоп	-

Представленные в таблице 5 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 6 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. Источниками

возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке ремонтной сварки.

Таблица 6 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовка трещины	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
2. Разделка комок	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
3. Сварка	- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
4. Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 6 данных.

При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Проведенная ранее идентификация профессиональных рисков позволила выявить семь негативных факторов, действие которых может вызывать опасность для персонала и проявляться во вреде здоровью вследствие кумулятивного эффекта.

В таблице 7 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты.

Таблица 7 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 7 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения, в результате чего функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	Аппарат плазменной резки, сварочное оборудование, станки для механической обработки
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Анализ данных в таблице 8 позволяет установить, что возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е». Этот класс пожара предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 9 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.4 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы от негативного воздействия, которое возникает при выполнении операций проектного технологического процесса.

На основании анализа операций технологического процесса могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
атмосфера	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [2]
гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [2]
литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [2]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при ремонтной сварке цистерны автогудронатора

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла. Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа. В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов. Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	300	300
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	100 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	40	40
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $V=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84$ часа и $t_{шт.проектн.} = 2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,42$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_r = F_{\text{в}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/4,84 = 424$ ремонтных сварок для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/2,42 = 848$ ремонтных сварок для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 300$ ремонтных сварок в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_{\text{э}} \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 4,84 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 2,42 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,7/1 = 0,7$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-з} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,8 \cdot 1,05 : 1000 = 412$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы: $78 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 255$ рублей.

Базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, в качестве материалов которой выступают штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение более прогрессивной процесса – механизированной сварки в защитных газах. В качестве сварочных материалов в этом случае выступает сварочная проволока и защитный газ.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат $K_д$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_д = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 4,84 \cdot 300 \cdot 1,88 = 2730$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} 2,42 \cdot 300 \cdot 1,88 = 1365$ рублей для

проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента доплат $K_{\text{доп}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12 \%$:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 2730 \cdot 12 / 100 = 328$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 1365 \cdot 12 / 100 = 164$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 2730 + 328 = 3058$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 1365 + 164 = 1529$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 3058 \cdot 34 / 100 = 1040$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 1529 \cdot 34 / 100 = 520$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{об}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{маш}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_э$ и цена оборудования $C_{об}$.

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 4,84 / 2054 / 100 = 50$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 2,42 / 2054 / 100 = 100$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $C_{ээ}$:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{ээ} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 10 \cdot 4,84 \cdot 3,4 / 0,7 = 325$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 40 \cdot 2,42 \cdot 3,4 / 0,85 = 535$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 50 + 325 = 375$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 100 + 535 = 635$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $\Phi ЗП$, затрат на производственные площади $Z_{пл}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 412+3058+1040+162,93+375+1083 = 5968$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 255+1529+520+254,69+635+542=3481$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=5968 + 1,5 \cdot 2730 = 5968+ 4095 = 10063$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}= 3481 + 1,5 \cdot 1365 = 3481 + 2048 = 5529$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 10063+ 1,15 \cdot 2730 = 10063 + 3140 = 13203$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}}= 5529 + 1,15 \cdot 1365 = 5529+ 1570 = 7099$ рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости.

Данные, представленные в таблице 12, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	412	255
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3058	1529
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1040	520
4. Затраты на оборудование	Зоб	375	635
5. Затраты на площади	Зпл	1083	542
6. Технологическая себестоимость	Стех	5968	3481
7. Цеховые расходы	Рцех	4095	2048
8. Цеховая себестоимость	Сцех	10063	5529
9. Заводские расходы	Рзав	3140	1570
10. Заводская себестоимость» [12]	Сзав	13203	7099

Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\text{Ц}_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\text{Ц}_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\text{Ц}_{\text{об. б.}} = \text{Ц}_{\text{перв.}} - (\text{Ц}_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\text{Ц}_{\text{об. б.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{з. б.}} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,7 = 25900$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $\text{Ц}_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об. пр.}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 168000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 100000 \cdot 0,05 = 5000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 5000 + 20000 = 25000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 168000 + 25000 = 193000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ пр}} - K_{\text{общ б}}. \quad (24)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 193000 - 25900 = 167100$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r. \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 25900/300 = 86$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 193000/300 = 643$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}}. \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (4,84 - 2,42) \cdot 100 \% / 4,84 = 50 \%$.

Повышение производительности P_T рассчитывается как

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 50 / (100 - 50) = 100 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (5968 - 3481) \cdot 100\% / 5968 = 42 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{ож}$ рассчитывается как

$$P_{ож} = \Delta_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot P_T. \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (13203 - 7099) \cdot 300 = 5729700$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 167100 / 572970 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта $\Delta_{г}$ рассчитывается как

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_{г} = 5729700 - 0,33 \cdot 167100 = 5674557$ рублей.

Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при ремонтной сварке цистерны автогудронатора

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной

работе решениях. Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества наплавочных работ.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту металлических конструкций.

Также следует принимать во внимание, что предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы. Поэтому предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия могут быть перенесены на аналогичные случаи сварки в других производствах.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
4. Ващенко И. П. Структура и свойства малоуглеродистых и низколегированных сталей // Вестник МГТУ. 2007. № 4. С. 558–560.
5. Волков А. С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов // Сварочное производство. 1974. № 8. С. 33–34.
6. Горбачёв С. В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 09Г2С в режиме сверхпластической деформации : диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48–52.
9. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.
10. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
12. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
13. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
14. Ларионов В. П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении. Новосибирск: Наука, 1986. – 168 с.
15. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
16. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
17. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
18. Сорокин В. Г. Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
19. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
20. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.
21. 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.
22. Brink S. H. Reparatielessen // Lastetechnik. 1989. № 2. P. 40–47.

23. Branco C. M., Infante V., Maddox S. J. A fatigue study on the rehabilitation of welded joints. // S. I. 1999. 29 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XIII-1769-99).
24. Irving R. R. Can industry afford the high cost of weld repair? // Iron Age. 1980. № 3. P. 49–55.
25. Lai M., Fong H. S. Fatigue performance of repaired pipelines steel weld // J. Mater. Sci. Lett. 1988. № 12. P. 1353–1354.
26. Maccocaire C. Repair welding: how to set up a shop // Welding J. 1991. - № 8. P. 54–56.
27. Recommendation on the repair of fatigue-loaded welded structures. // S. I. 1996. 16 p. (Intern. Inst, of Welding: Doc. XII632-96).
28. Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // Welding J. 1993. № 1. P. 25–29.
29. Somardzic L, Siewert T. Reliability improvements in repair welding of high strength steels. // S. I. 2001. 13 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. IX-2002-01).
30. Wilson D.V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // Acta Metallurgica. 1970. vol. 18. P. 1197–1208.