

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология и оборудование ремонта емкости

для транспортировки битума»

Студент

Н.В. Сбоев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(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)

М.М. Бажутина

(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

В настоящий момент остро стоит проблема истощения ресурса инженерных сооружений и машин. Большинство из них имеет усталостные и хрупкие повреждения. Многие конструкции (котлы высокого давления, морские платформы для добычи нефти и газа) превысили срок эксплуатации, установленный при их разработке. Однако, несмотря на это они не заменяются новыми. Основная причина – огромные затраты на их покупку и установку. Кроме того, во время замены старых конструкций новыми те и другие не будут функционировать, что приведет к существенным убыткам. Поэтому в настоящее время разрабатываются способы, позволившие бы максимально продлить срок эксплуатации действующих объектов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности ремонтной сварки изделий из конструкционных сталей на примере ёмкости для транспортировки битума.

В работе произведено решение следующих задач: 1) Выполнение анализа возможных способов сварки и предложение способа для восстановительной сварки цистерны; 2) Разработка проектного варианта технологии восстановительной сварки цистерны; 3) Анализ и предложение оборудования для реализации предлагаемой технологии; 4) Идентификация опасных и вредных факторов, сопровождающих внедрение предлагаемых решений в производство и разработка комплекса мер защиты от них; 5) Оценка экономической эффективности предлагаемых решений и обоснование проектной технологии восстановительной сварки.

Бакалаврская работа состоит из 57 страниц, включает 7 рисунков, 13 таблиц, 25 библиографических наименования.

ABSTRACT

The title of the bachelor's thesis is « Technology and equipment for repair of bitumen transport tanks»

At current, we are facing an acute problem of the resource depletion of engineering structures and machinery. Most of them are characterized with fatiguing and fragile effects. A large number of constructions (high pressure tanks, offshore oil and gas platforms) have expired, the duration of a framework, emerged in the development. Despite this they are not replaced, though. The main cause is high buying and installation costs. Moreover, during the replacement of aged constructions by new ones, both will not operate, causing essential losses. Therefore, nowadays ways enabling to prolong the duration of useful life of operating objects are being developed.

This bachelor's thesis is aimed to demonstrate the efficiency improvement of repairs by welding in case of structural steel articles based on the example of bitumen tank transportation.

This work is also aimed to solve such problems as: 1) the analysis of possible welding methods to supply a method of reconstructive welding for tanks; 2)the development of a draft project of the technology of reconstructive welding; 3) the analysis and supply of the equipment to realise the given technology; 4) the detection of dangerous factors to provide protection steps; 5)the business case for design technology of reconstructive welding.

Its implementation into production can enable to reduce production costs by 50%, to increase productivity costs by 100% and to lower technological costs by 49%. The annual benefits, based on costs of capital investments in the equipment, are about 5.7 million rubles.

The bachelor's thesis given consists of 57 pages including 7 drawings, 13 charts, and list of 25 references.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	9
1.1 Описание изделия и условий его работы	9
1.2 Свойства материала цистерны	12
1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки	14
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций	19
1.5 Постановка задач на проектирование	21
2 ОПЕРАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ И ИХ МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	22
2.1 Анализ возможных способов ремонтной сварки	22
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения	25
2.3 Операции проектного процесса ремонтной сварки	27
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	32
3.1 Составление технологической характеристики объекта	32
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	34
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	35
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	36
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	37
3.6 Заключение по экологическому разделу	38
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	39

4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического обоснования	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	41
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	42
4.4 Вычисление заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	44
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии	49
4.6 Определение капитальных затрат для реализации базовой и проектной вариантов технологии сварки	49
4.7 Вычисление показателей экономической эффективности применительно к проектному варианту технологии	52
4.8 Заключение по экономическому разделу	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	55

ВВЕДЕНИЕ

Как свидетельствуют результаты исследований по вопросу длительной эксплуатации сварных конструкций [1...4], в настоящий момент остро стоит проблема истощения ресурса инженерных сооружений и машин. Так, согласно данным работы [2]. Большинство из них имеет усталостные и хрупкие повреждения. В работе [4] указывается, что многие конструкции (котлы высокого давления, морские платформы для добычи нефти и газа) превысили срок эксплуатации, установленный при их разработке. Однако, несмотря на это они не заменяются новыми. Основная причина – огромные затраты на их покупку и установку. Кроме того, во время замены старых конструкций новыми те и другие не будут функционировать, что приведет к существенным убыткам. Поэтому в настоящее время разрабатываются способы, позволившие бы максимально продлить срок эксплуатации действующих объектов.

В большинстве случаев такие проблемы решают путем восстановления (ревитализации) металлоконструкций с применением дуговой сварки или упрочняющих обработок поврежденных элементов [4].

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, 5, 6].

Так, в работе [7] 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 [8] 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 [6] 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.

В работе [9] 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 [10].

Таким образом, актуальной является цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности ремонтной сварки изделий из конструкционных сталей на примере ёмкости для транспортировки битума.

1 Современное состояние вопроса

1.1 Описание изделия и условий его работы

Автогудронатор однодвигательного устанавливаются на готовое шасси грузового транспорта. Элементы цистерны изготавливают из листового проката, а затем сваривают. В поперечном сечении цистерна представляет выполненная в виде эллипса. В состав цистерны входит изготовленный из стекловаты термоизоляционный слой. Снаружи этот термоизоляционный слой защищён металлическим кожухом. Весь внутренний объём цистерны разделяется на два отсека, которые сообщаются между собой. Разделение отсеков производится при помощи специальной волногасительной перегородки. В первом отсеке цистерны расположена труба с выходом в атмосферу, которая служит для удаления излишек битумного материала, если произошло превышение технологического объёма цистерны. Вторая функция трубы – это уравнение давления между цистерной и атмосферой. Наполнение цистерны битумом производится за счёт горловины с фильтром, расположенной в верхней части цистерны.

Большой кран, шестеренные колёса, малые краны и трубопровод представляют собой коммуникации цистерны. Управление наполнением цистерны и внутренняя циркуляция материалов производится при помощи установки кранов в различные позиции. Внутренняя циркуляция требуется, чтобы был обеспечен быстрейший и равномерный нагрев. Также коммуникации цистерны обеспечивают розлив битума посредством распределителя по обрабатываемой поверхности.

В состав автогудронатора входит и ручной распределитель, применяемый при малых ремонтных работах или устранении пропусков розлива битума.

В котлах цистерн встречаются следующие неисправности:

- вмятины и пробойны в цилиндрической части и днищах;

- Нарушение плотности цистерны 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.

При проведении ремонта трещин длиной свыше 100 мм поперек шва следует установить кусковые накладки, имеющие длину 120...150 мм, ширину 35...40 мм и толщину 6...8 мм.

Для обеспечения плотного прилегания накладок к корпусу цистерны производят срубание под ними сварного шва заподлицо с основным металлом. После этого производят установку накладок и их обварку по всему периметру.

В случае ремонта пробоины поверх пробоины устанавливают накладку, которая должна полностью перекрывать пробоину. Далее накладку проваривают снаружи котла цистерны по всему периметру, а внутри котла цистерны – по периметру кромок пробоины.



Рисунок 1.2 – Заварка трещины на корпусе цистерны для перевозки битума

1.2 Свойства материала цистерны

Сталь 09Г2С относится к группе низколегированных конструкционных сталей для проведения сварных работ. Основное предназначение данного материала это изготовление деталей сварных металлических конструкций и других изделий, которые работают под давлением при температурах от -70 до +425°C. В качестве заменителей стали 09Г2С могут быть стали марок 09Г2 и 09Г2Т, а также 09Г2ДТ и 10Г2С.

Для сварки стали марки 09Г2С нет ограничений, поэтому сварку выполняют без дополнительного подогрева, и последующей термообработки. Сталь 09Г2С обладает малой склонностью к отпускной хрупкости и не флокеночувствительна.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С (ГОСТ 19281-2014)

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 при T=20°C стали 09Г2С (ГОСТ 19281-2014)

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

Данному материалу присущи такие же отличительные особенности при термообработке как и обычной низкоуглеродистой стали. Основные отличия заключаются в большей склонности к образованию структур закалки в металле шва и зоне термического воздействия при высокой скорости охлаждения. При высоких скоростях охлаждения в швах этого материала кроме стандартного феррита и перлита можно найти мартенсит, бейнит и аустенит остаточный. Мартенсит в таком шве не имеет структуры, а бейнит - феррито-карбидная смесь с высокой дисперсностью. Величина структурных

элементов меняется от изменений температурных циклов сварки. При малой погонной энергии в металле шва и повышаются дисперсность и количество мартенсита, бейнита и остаточного аустенита.

При малой величине закалочных структур они мало воздействуют на механические свойства сварных соединений ввиду равномерного и дезориентированного расположения этих элементов в мягкой ферритной основе. Но с увеличением процента таких структур в шве и околошовных зонах уменьшается пластичность металла и его показатели стойкости к хрупкому разрушению. Введение дополнительных легирующих элементов в сталь например марганца, кремния и других элементов будет увеличивать образование в сварных швах структур закалки. Исходя из этого режимы при сварке почти всех низколегированных сталей ограничиваются меньшими (по значениям погонной энергии) пределами, чем для сварки низкоуглеродистых сталей.

Равнопрочность металла шва с основным металлом достигают при легировании его элементами, которые переходят из основного металла. Иногда для увеличения прочности и стойкости к хрупкому разрушению производят дополнительное легирование металла сварного соединения через проволоку для сварки.

Стойкость металла сварного соединения к кристаллизационным трещинам при сварке низколегированных сталей меньше, чем для низкоуглеродистых, это связано с увеличением отрицательного влияния углерода различными легирующими элементами, к примеру, кремнием. Увеличение стойкости к образованию трещин достигают уменьшением содержания в сварном соединении углерода, серы и различных других элементов при использовании сварочной проволоки с уменьшенным содержанием рассмотренных элементов, и применением необходимой технологии сварки (последовательность наложения сварных соединений, получение благоприятных форм провара) и рациональной конструкции детали.

1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки

Общая информация

Составляющие обечайки цистерны сварные соединения завариваются только с наружных сторон. Перед заваркой трещину очищают от грязи и краски. На концах трещины высверливают отверстия с диаметрами 8...10 мм и V-образной фаской. После наложения первого слоя зачищают и заваривают весь ряд отверстий и накладывают второй слой. Если длина трещины больше чем 300 мм, ее заваривают обратноступенчатым швом с участками для заварки не больше чем 150 мм. Такой подход существенно снижает внутренние напряжения сварного соединения и повышает его прочность. Следующим этапом работы является срубка всех натеков и шлака до металла и наложение контрольных швов снаружи и внутри заваренной трещины. Контрольные швы необходимы для увеличения прочности основного сварного соединения; кроме того с обоих концов снаружи трещины устанавливается усиление в виде отдельных кусковых накладок. Непосредственно на участках установки этих накладок все усиление шва срубают, а сварное соединение зачищают заподлицо к основному металлу. Приварку накладок осуществляют по всему периметру.

Разрешено применять только те материалы, для которых есть специальные сертификаты качества. Указанные материалы должны быть выпущены предприятиями, аттестованными в соответствии с государственными системами сертификации, и прошедшими регистрацию в соответствии с установленными Госстандартом России порядками и имеющими сертификаты и знак соответствия.

Подготовка к ремонтной сварке

До начала восстановления цистерна пропаривается, промывается, дегазируется, очищается изнутри, обмывается, очищается снаружи. Перед сваркой в цистерне проверяется газовоздушная среда на существующие показатели взрывоопасности, пожароопасности и на наличие/отсутствие

токсичных выделений, которые могут быть опасны для рабочего персонала, задействованного в данной работе.

Несквозные трещины разделяют на всю глубину до непосредственно металла и по длине не меньше чем на 15...20 мм дальше видимых участков трещины. Признак устранения несквозных трещин при вырубке является – это уменьшение или полное отсутствие раздвоения стружки, которая срубается зубилом в местах фиксации этих трещин. Глубина разделки несквозной трещины выбирается не больше чем глубина её залегания на 1...2 мм. Разделку мелкой трещины выполняют на всю глубину не меньше чем 6 мм. Это нужно для наложения в два слоя шва при сварке.

Разделка сквозной трещины делается на всю глубину под углом примерно 50...55° при глубине на 1...2 мм меньше толщины основного металла. При операции разделки сквозных трещин их концы необходимо засверлить сверлами с диаметром примерно 6...12 мм и раззенковать на 1/2...1/3 от толщины металла. Засверливание выполняется с таким расчетом, чтобы центр выполненного отверстия совпадал с концами обрабатываемой трещины или был на 3...5 мм дальше, чем трещина.

После разделки трещины и подготовительных операций с кромками выполняют обязательную зачистку основного металла до состояния металлического блеска на длине не меньше чем 25 мм с обеих сторон от границ разделяемых кромок.

Операция зачистки до металлического блеска краев накладки, косынки, вставки и выводной планки является необходимой.

Заварка трещины

Заварка трещин стенки выполняется в несколько проходов, причем перед очередным слоем поверхность предыдущего следует очистить от шлаковых корок.

Если длина трещины больше, чем 300 мм она заваривается обратноступенчатым способом с длиной ступеней примерно 150...200 мм.

После заварки выполняют подварку корня шва с обратной стороны, предварительно удалив наплывы и шлак.

Следует производить заварку трещин только в нижних и вертикальных положениях. В нижнем положении сварное соединение будет иметь ровную поверхность, при этом существует возможность образования подреза. При сварке в вертикальном положении достигают качественного проплавления кромок, и в вершине разделки.

Таблица 1.3 – Режимы сварки электродами различных марок

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	3	90-140	+	+	+
	4	130-210	+	+	+
	5	160-270	+	+	-

Для восстановительной сварки используются сварочные выпрямители ВД-252. Устройство предназначено для выполнения дуговой сварки стальных конструкций с различным назначением и толщиной стенок от 0,5 до 12 мм при применении плавящегося электрода. При выполнении мобильных работ и работ в труднодоступных местах сварку выполняют как с прямой, так и с обратной полярностью тока. Сварочный выпрямитель ВД-252 комплектуется щитками сварщика (наголовным и ручным), розеткой для возможности подключения к сети питания, токовыводами и электрододержателями с кабельным жгутом при длине 3 м.

Установка накладки

Участок с заваренной сквозной трещиной следует усилить за счет установления дополнительной накладки, в случае отсутствия препятствий конструкции узла или деталей.

Толщина односторонней накладки берется не меньше чем 0,8...1,0 толщины детали, при двусторонней - не меньше 50% толщины. Выпуклость валиков заваренной трещины полностью удаляется. При использовании плоской накладки перекрытие заваренного стыка или трещины должно составлять не меньше 100 мм, однако при невозможности его уменьшают до 50 мм.

Накладки привариваются вдоль всего контура. При сварке углового шва поверхность должна иметь вогнутость с плавным переходом к основному металлу. При сварке лобовых и косых угловых швов отношение большего катета к меньшему должно быть от 1,5 до 2. Направление большего катета выбирают вдоль линии усилия, воспринимаемое швом.

Усиливающие накладки следует изготовить из стали 09Г2С. При усилении цистерны следует использовать и низколегированные стали, к примеру, 09Г2Д, 09Г2СД и 10Г2БД.

Непосредственно перед приваркой накладка зачищается. После зачистки прилегание к детали должно быть плотным, допускается местный зазор не больше 1 мм.

Контроль качества сварки и исправление дефектов

Сварные швы и конструкции, которые предъявляют к контролю после восстановления, не окрашивают.

Различному контролю в сварочном производстве подвергают основной и сварочные материалы. Кроме того проверяют качество сборки и подготовку кромок.

Свариваемый металл и сварочные электроды проверяются на соответствие действующим стандартам. Также производится контроль

поверхностей под сварку и наплавку (на этих поверхностях не допускается наличие коррозии, грязи, масла, краски и т. д.).

При контроле качества подготовки к сборке и сварке проверяют соединяемые конструктивные элементы, состояние подготовленных кромок, и точность взаимного расположения деталей под сварку.

При контроле качества сварных соединений производится внешний осмотр, применяются измерительные инструменты, ультразвуковой контроль, а также механические испытания.

Для выявления внешних дефектов осматриваются все сварные соединения. Сварные швы осматривают по всей их длине с каждой стороны, за исключением мест, недоступных для проведения осмотра. Наличие/отсутствие таких дефектов в виде трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок осуществляют невооруженным глазом или применяя увеличительное стекло с увеличением 4-х.

Перед контролем сварные швы и прилегающие к ним поверхности зачищаются от шлака и других загрязнений, которые могут затруднить внешний осмотр, на величину не меньше 20 мм с каждой стороны шва.

Все дефекты, которые выявлены в ходе внешнего осмотра, следует устранить перед контролем другими методами.

Исправление дефектов сварки

Дефекты в сварных соединениях исправляют повторной заваркой зоны дефекта. Это можно делать сразу после удаления дефектной зоны сварного шва и подготовки места под сварку. При заварке исправляемой зоны руководствуются положением, которое подготовлено для сварки основного сварного соединения.

Можно производить рассверливанием или вырубкой дефектов операцию исправления участков сварного соединения с единичными недопускаемыми порами или шлаковыми включениями. В случае

обнаружения дефектов на участках вырубленных или рассверленных зон, в непосредственной близости к таким местам дополнительно рассверливают дефектную зону или делают по две/три вырубки в каждом рассверленном или вырубленном участке. Если дефекты обнаруживаются в дополнительной вырубке или рассверленном отверстии, сварной шов или дефектную зону полностью удаляют, а место их нахождения повторно заваривают и проверяют. Рассверленные и вырубленные углубления заваривают.

Если в ходе неразрушающих методов контроля выявлены сварные соединения с внутренними дефектами, их следует удалить, а зоны их нахождения следует заварить и подвергнуть повторным различным видам контроля.

Подрезы зачищают, заваривают. Зачистка разрешена в случае, если величина подреза не больше 8 % толщины металла, но не больше 1 мм для толщин от 6 до 20 мм и не больше 1,5 мм. На деталях с толщиной меньше 6 мм подрезы исправляют заваркой или оплавлением с последующей зачисткой.

1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций

В **первой** работе [11] сопоставлены структура и ударная вязкость металла шва и ЗТВ стали 09Г2С в условиях первичной (изготовительной) и ремонтной дуговой сварки. Даны рекомендации по выбору сварочных материалов с учетом условий эксплуатации отремонтированных изделий.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и составлении проектной технологии сварки.

Во **второй** работе [12] доказана эффективность механизированной дуговой сварки при импульсной подаче электродной проволоки. Установлено существенное влияние постоянной времени сварочной цепи на скорости возникновения капли электродного металла. Эта постоянная сварочной цепи

может служить в качестве элемента регулирования процесса каплеобразования, для чего необходимо установить в сварочной цепи управляемый дроссель.

Результаты этой работы применим при анализе состояния вопроса, когда будем рассматривать способы повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе.

В **третьей** работе [13] для повышения ресурса металлоконструкций при ремонте с использованием сварки по стандартной технологии рекомендуется зону сплавления ремонтных швов с основным металлом обрабатывать высокочастотной механической проковкой. После упрочнения сварных соединений стали 09Г2С в исходном состоянии, а также после ремонта с использованием сварки их циклическая долговечность при одночастотном отнулевом осевом растяжении повышается в 3...5 раз.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки.

В **четвёртой** работе [14] представлена нелинейная модель проплавления изделия, которая описывает зависимость глубины проплавления от технологических параметров операции механизированной сварки и наплавки в среде углекислого газа и применении тока обратной полярности.

Результаты исследования будут использованы при составлении проектной технологии сварки изделия.

В **пятой** работе [15] рассмотрена математическая модель, описывающая зависимость тока дугового процесса и соответственно скорости плавления электродной проволоки от изменяющегося характера ее движения в процессе сварки плавящимся электродом, в частности, при коротких замыканиях дугового промежутка.

Результаты этой работы будут применены при составлении проектной технологии сварки для выбора сварочного оборудования.

1.5 Постановка задач на проектирование

На основании анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решив которые, можно достигнуть поставленной цели:

- 1) Выполнение анализа возможных способов сварки и предложение способа для восстановительной сварки цистерны;
- 2) Разработка проектного варианта технологии восстановительной сварки цистерны;
- 3) Анализ и предложение оборудования для реализации предлагаемой технологии;
- 4) Идентификация опасных и вредных факторов, сопровождающих внедрение предлагаемых решений в производство и разработка комплекса мер защиты от них;
- 5) Оценка экономической эффективности предлагаемых решений и обоснование проектной технологии восстановительной сварки.

2 Операции проектной технологии ремонтной сварки и их материальное обеспечение

2.1 Анализ возможных способов сварки

Этап 1 – анализ всех способов, которые могут обеспечить качественную защиту расплава от взаимодействия с воздушной атмосферой. При изготовлении и восстановительной сварке конструкций с применением низколегированных сталей могут быть применены все способы сварки плавлением, в том числе можно использовать: ручную дуговую, в защитных газах неплавящимся и плавящимся электродом, под флюсом, лазерную, газовую.

Этап 2 – анализ всех способов, которые пригодны для сварки применительно к данной толщине. При сварке толщин до 5 мм рассматриваются способы сварки: дуговая сварка в средах защитных газов с применением плавящегося электрода; дуговая сварка в средах защитных газов с применением неплавящегося электрода, ручная дуговая сварка, дуговая сварка под флюсом, сварка лазером.

Этап 3 – анализ способов по длине, геометрии и пространственному положению шва при обработке. В изучаемом варианте выполняют сварку коротких швов, стык неповоротен. Пригодными считаем способы сварки: с применением плавящегося электрода; дуговую сварку в среде защитных газов с применением неплавящегося электрода, ручную дуговую сварку. Дуговая сварка под флюсом трудно осуществима ввиду возможного осыпания флюса с цистерны.

Этап 4 – исключение способов, для которых механизация не достаточно эффективная, или ее невозможно осуществить. Ввиду выполнения сварки швов в монтажных условиях, предпочтительно применять ручную или механизированную сварку: например, ручную дуговую сварку, ручную дуговую сварку в средах защитных газов с

применением плавящегося электрода, механизированную дуговую сварку в средах защитных газов с применением плавящегося электрода.

К преимуществам непосредственно дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) относят равномерность плавления металла электрода и материала обмазки, которая гарантирует качество шлаковой защиты сварного соединения. Кроме этого появляется возможность легировать металл сварного соединения дополнительно. К недостаткам можно отнести: использование ручного труда, высококвалифицированного персонала, необходимость частой замены электродов и прерывания процесс сварки, кроме того нет возможности автоматизации технологии.

К преимуществу аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (рис. 2.2) можно отнести хорошую защиту сварного шва и сварочной ванны аргоном, при этом выполняется качественный провар корня шва, появляется возможность использования проволоки больших и очень малых диаметров, возможность выбора проволоки, которая полностью совпадает по химическому составу с основным металлом. К недостаткам можно отнести: использование дорогого и дефицитного защитного газа, необходимость участия в работе высококвалифицированного персонала, интенсивное изнашивание оборудования при работе на высоком токе сварки (происходит выкрашивание сопла, разрушение горелки).

Сварку в средах защитных газов с применением плавящегося электрода (рис. 2.3) можно выполнять как в средах активных газов, так и средах инертных газов. Основными преимуществами сварки в активном газе являются, например (CO_2), относят хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла сварного соединения, простоту и дешевизну применяемого оборудования, высокие показатели производительности процесса. К преимуществам сварки в инертном газе, например аргоне (Ar), относят хорошую защиту сварного шва и сварочной ванны, при этом выполняется качественный провар корня шва, высокая производительность операции. К недостаткам сварки в средах защитных газов с применением плавящегося

электродов относят необходимость покупки дорогих механизмов подачи проволоки, неравномерность подачи этого присадочного материала, необходимость в сменных газовых баллонах, и дополнительное неконтролируемое разбрызгивание.

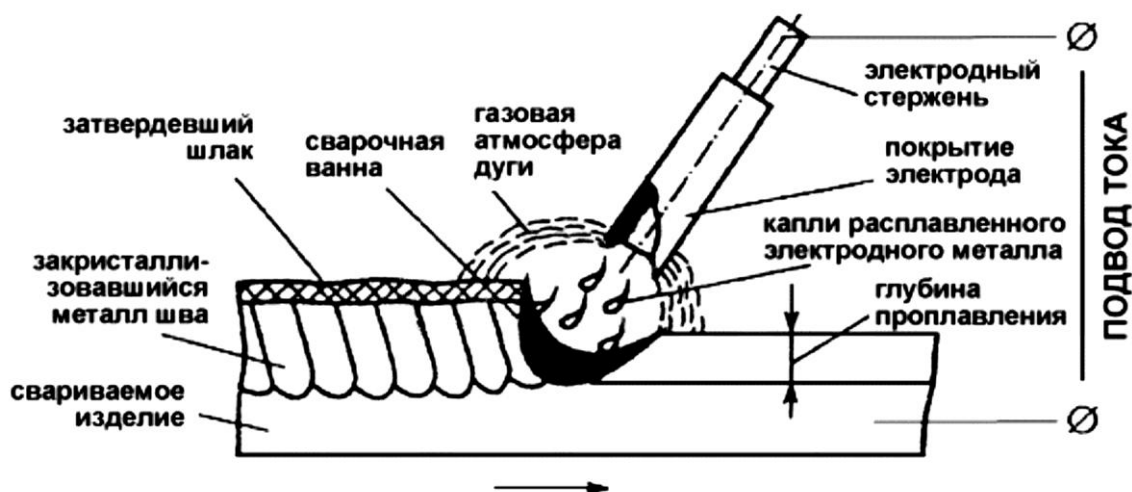


Рисунок 2.1 – Схема дуговой сварки штучными электродами

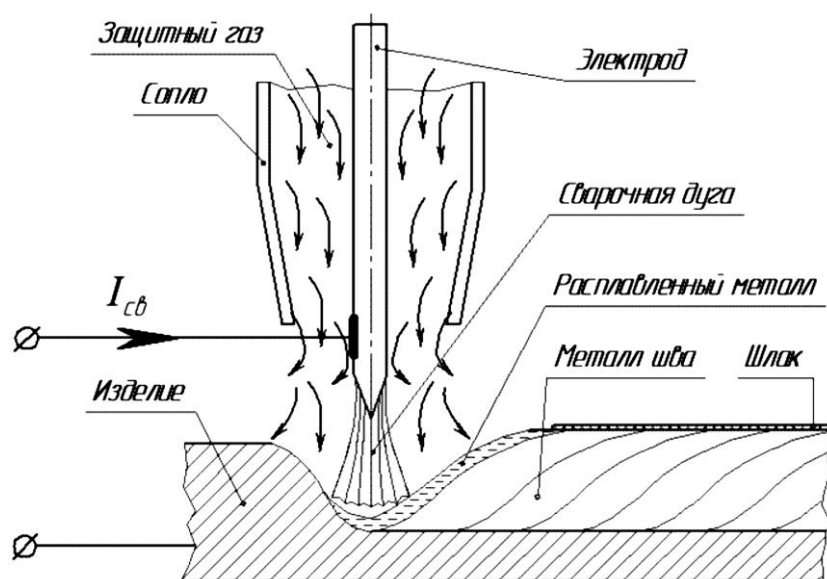


Рисунок 2.2 – Схема аргонодуговой сварки с применением неплавящегося электрода

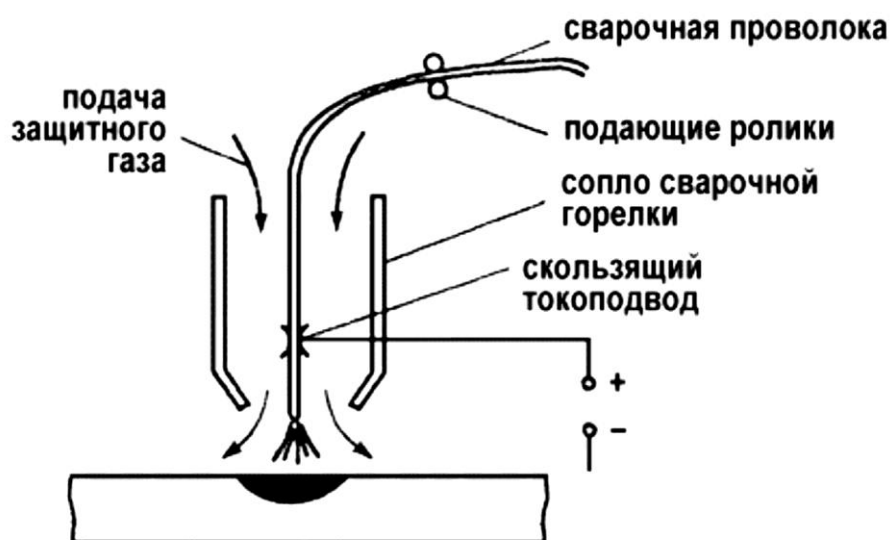


Рисунок 2.3 – Схема сварки в среде защитного газа с применением плавящегося электрода

В работе выбираем механизированную сварку в среде углекислого газа, обеспечивающую стабильные качества и высокую производительность процесса, но не обеспечивающую провар сварного соединения и сопровождаемую разбрызгиванием металла.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения

В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла [16].

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

На основании литературного исследования можно выделить следующие способы переноса электродного металла при использовании механизированной сварки в средах защитных газов (рис. 2.4):

- 1) крупнокапельный, который характеризуется наличием естественных коротких замыканий разрядного промежутка;
- 2) крупнокапельный, для которого не свойственны короткие замыкания;
- 3) перенос каплями среднего размера, при котором не происходят короткие замыкания;
- 4) струйный перенос;
- 5) принудительный перенос с управлением, с характерными каплями средних размеров и отсутствием коротких замыканий;
- 6) перенос с принудительными короткими замыканиями;
- 7) перенос электродного металла с вращением струи.

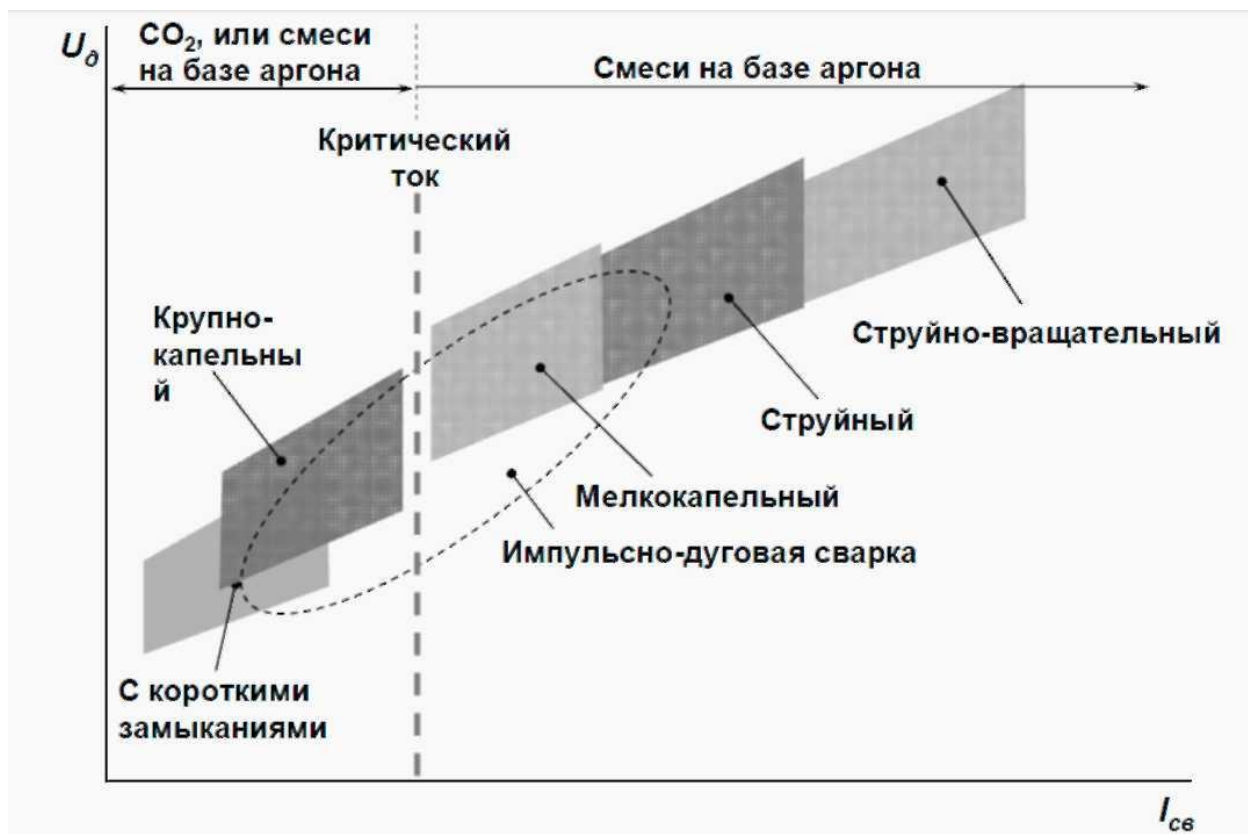


Рисунок 2.4 – Способы переноса металла электрода при сварке в средах защитных газов

В источнике STT [17] осуществляется компенсация изменения длины вылета электрода путем автоматической коррекции длительности импульса тока с постоянной амплитудой. Делается это следующим образом. Во время КЗ система измеряет падение напряжения на электроде, пропорциональное вылету электрода. Оно усредняется и подается на интегратор. Последний начинает интегрирование с нулевыми начальными условиями в момент зажигания дуги. Когда напряжение на выходе интегратора сравнивается с регулируемым опорным напряжением (устанавливается ручкой «тепло» на передней панели источника), импульс плавления прекращается, а ток дуги начинает плавно спадать до базового тока паузы. Таким образом, длительность импульса тока плавления обратно пропорциональна длине дуги.



Рисунок 2.5 – Источник питания Invertec STT-II
с механизмом подачи проволоки LF-33

2.3 Операции проектного процесса ремонтной сварки

Подготовка к сварке

Цистерна до поступления на восстановление пропаривается, промывается, дегазируется, очищается изнутри, обмывается, очищается снаружи. Перед сваркой в цистерне проверяют газовоздушную среду на взрывоопасность, пожароопасность и на наличие/отсутствие токсичных

выделений. Такие выделения являются опасными для задействованного в ходе работы персонала.

Места ремонта зачищают специальным механизированным способом (с применением абразивных кругов, стальной проволочной щетки), дробеструйным или другими способами, использование которых зачистит поверхность дальнейшей сварки или наплавки до характерного металлического отблеска.

Разделка несквозной трещины делается на всю глубину до основного металла и при величине на 15...20 мм дальше, чем видим участок трещины. При разделке сквозной трещины ее концы засверливаются сверлом с диаметром примерно 8...12 мм и затем раззенковываются на половину — треть от толщины обрабатываемого материала.

Можно определить границу трещины через ее нагрев при помощи газовой горелки до температур примерно 100...150 °С. Затем при помощи керны намечают границы трещины для следующей разделки. Разделка выполняется с плавным выходом на поверхность на 50 мм дальше конца трещины.

Разделка трещины

Для разделки кромок следует применить плазменную резку.

Плазменная резка характерна высокотемпературной режущей областью, ионизованной сжатой частью газа, реализуемой за счет течения электрического тока в узкой области пространства. Рассматривая в технологическом процессе установку для выполнения работ по плазменной резке состоит из плазматрона РПВ-101 и источника питания ВД-252. Для возбуждения дуги применяется осциллятор.

На участках, которые подлежат сварке, сразу после разделки трещины и подготовки кромки необходима зачистка до основного металла до характерного металлического отблеска на величину не меньше 20 мм с каждой стороны от участка разделанной кромки.

Сварка

Для сварки берется углекислый газ высшего или первого сорта по (ГОСТ 8050—85). Применяемые для этого баллоны окрашиваются в черный цвет с желтой маркировкой "Углекислота" или "CO₂ сварочный". Расход углекислого газа при сварке составляет порядка 1,0...1,4 м³/ч.

Для углекислого газа главными вредными примесями являются атмосферный воздух и вода, скапливаемые в верхней и нижней частях баллона. Перед работой необходимо выпустить первые порции газа и осторожно убрать влагу. Для исключения замерзания влаги в редукторе и осушителе следует произвести нагрев газа с применением специального прибора (к примеру, ПУ-70).

Защиту металла непосредственно от сварочных брызг обеспечивают применением жидкого концентрата лигносульфоната. Лигносульфонат используют марки ЛСТ по техническим условиям (ТУ) 13-0281036-05-89. Кроме этого возможно применени других защитных средств с аналогичными свойствами, если они не влияют на качество сварки. Разбавление Лигносульфоната технического производят в горячей воде и температуре примерно 50...60 °С в отношении 1:4 по массе или 1:5 по объему. Далее жидкость наносится на свариваемую поверхность детали тонким слоем на величине примерно 100—150 мл по обеим сторонам от шва за 1—2 часа до начала работ. Детали с нанесенным защитным покрытием, следует очистить от масла, эмульсии и других веществ.

Сварку производят с применением постоянного тока прямой полярности, используется диаметр проволоки 1,4 мм, с вылетом электрода 13...20 мм. Ток сварки составляет порядка 200...250 А. Сварку выполняют «углом назад».

На устойчивость сварки в среде углекислого газа и на качество сварного соединения напрямую влияет вылет электродной проволоки (то есть расстояние от торца токоподводящего наконечника до изделия).

Превышение вылета больше необходимого снижает устойчивость процесса горения дуги, формирование шва, увеличивает разбрызгивание.

Контроль качества

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 проверяют и качество сварочных материалов, и качество подготовительных к сварке и сборке работ.

Металл под сварку, присадочные материалы и применяемый для накладки металл проверяют на соответствия требований в стандартах на марки используемых и возможных к применению 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 при расположении изделий, которые участвуют в сварке.

Технологическая оснастка, мерительный инструмент, используемые шаблоны и приспособления должны периодически метрологически проверяться и калиброваться при необходимости.

Применяемое для сварки оборудование и технологическая оснастка должны проверяться на соответствие используемых параметров и характеристик к исходным паспортным данным.

Кроме того, оборудование, технологическую оснастку и применяемый инструмент периодически следует проверять на технологическую точность и соответствие исходным паспортным данным.

Используемые при контроле приборы и оборудование нужно проверять на точность показаний эталонными приборами и шаблонами.

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.

3 Оценка безопасности и экологичности разрабатываемого технического объекта

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса ремонтной сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

В проектной технологии предлагается использовать механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением сварочной дугой 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 [19, 20, 21]. 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 [22, 23].

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.

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. Подготовка трещины	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	Лупа	Керосин

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 опасных или вредных производственных факторов
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
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 в рабочей зоне уровня УФ излучения; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	1. Выпрямитель ВДУ-506 2. Полуавтомат ПДГ-525 3. Формирователь импульсов
4. Проведение контроля качества ремонтной сварки	- повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн;	Аппарат ультразвукового контроля

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

Таблица 3.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих 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, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	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

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного 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 происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, 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 с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	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 предлагаемых решений

4.1 Сбор исходных данных для проведения экономического обоснования

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки ёмкости для транспортировки битума. 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	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21	21
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	300	300
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	40	40
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	100000	400000
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	4,7	4,7
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	4	2

4.2 Расчёт 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:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

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:

$$F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

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:

$$t_{шт.баз} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ ч.}$$

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

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.баз.} = 2054/4,84 = 424 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{\Gamma.проектн.} = 2054/2,42 = 848 \text{ дефектов за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 300$ дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{шт} \cdot П_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

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

$П_{\Gamma}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{4,84 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,7$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{2,42 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,4$$

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:

$$K_{3б} = 0,7/1 = 0,7$$

$$K_{3п} = 0,4/1 = 0,4$$

4.4 Вычисление 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.

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

$$M_{\text{проектн.}} = 78 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 255 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 4,84 \cdot 300 \cdot 1,88 = 2730 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 2,42 \cdot 300 \cdot 1,88 = 1365 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 2730 \cdot 12 / 100 = 328 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 1365 \cdot 12 / 100 = 164 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2730 + 328 = 3058 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1365 + 164 = 1529 \text{ рублей.}$$

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:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 3058 \cdot 34 / 100 = 1040 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 1529 \cdot 34 / 100 = 520 \text{ руб.}$$

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:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{100000 \cdot 21 \cdot 4,84}{2054 \cdot 100} = 50 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{400000 \cdot 21 \cdot 2,42}{2054 \cdot 100} = 100 \text{ рублей}$$

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:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{10 \cdot 4,84 \cdot 4,7}{0,7} = 325 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{40 \cdot 2,42 \cdot 4,7}{0,85} = 535 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{оббаз.}} = 50 + 325 = 375 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{обпроектн.}} = 100 + 535 = 635 \text{ руб.}$$

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:

$$P_{\text{плб}} = \frac{10000 \cdot 40 \cdot 4,84}{2054} = 942$$

$$P_{\text{плпр}} = \frac{10000 \cdot 40 \cdot 2,42}{2054} = 471$$

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 $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{ПЛБ} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 4,84}{2054 \cdot 100} = 141$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 2,42}{2054 \cdot 100} = 71$$

$$З_{ПЛБаз.} = 942 + 141 = 1083 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПРоектн.} = 471 + 71 = 542 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

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

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 412 + 3058 + 1040 + 162,93 + 375 + 1083 = 5968 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 255 + 1529 + 520 + 254,69 + 635 + 542 = 3481 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 5968 + 1,5 \cdot 2730 = 5968 + 4095 = 10063 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 3481 + 1,5 \cdot 1365 = 3481 + 2048 = 5529 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЗАВБаз.} = 10063 + 1,15 \cdot 2730 = 10063 + 3140 = 13203 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 5529 + 1,15 \cdot 1365 = 5529 + 1570 = 7099 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому в соответствии с базовым и проектным вариантами технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	412	255
2	Фонд заработной платы	ФЗП	3058	1529
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	1040	520
4	Затраты на оборудование	Зоб	375	635
5	Расходы на площади	Зпл	1083	542
	Себестоимость технологич.	Стех	5968	3481
6	Расходы цеховые	Рцех	4095	2048
	Себестоимость цеховая	Сцех	10063	5529
7	Расходы заводские	Рзав	3140	1570
	Себестоимость заводская	С _{зав}	13203	7099

4.6 Определение капитальных затрат для реализации базовой и проектной вариантов 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:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,7 = 25900 \text{ рублей}$$

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:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 168000 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 100000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 5000 + 20000 = 25000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 168000 + 25000 = 193000 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 193000 - 25900 = 167100 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 25900/300 = 86 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 193000/300 = 643 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Вычисление показателей экономической эффективности применительно к проектному варианту 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:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{4,84 - 2,42}{4,84} \cdot 100\% = 50\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

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:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{5968 - 3481}{5968} \cdot 100\% = 42\%$$

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:

$$Э_{\text{у.г.}} = (13203 - 7099) \cdot 300 = 5729700 \text{ руб.}$$

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:

$$T_{OK} = \frac{167100}{5729700} = 0,3$$

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:

$$\Delta_{г} = 5729700 - 0,33 \cdot 167100 = 5674557 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение 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 42 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 1,1 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила около 5,7 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,03 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение эффективности ремонтной сварки изделий из конструкционных сталей на примере ёмкости для транспортировки битума.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки цистерн для перевозки битума. 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.

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 вызывает уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, снижение технологической себестоимости на 49%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила около 5700 тыс. рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Maccocaire C. Repair welding: how to set up a shop // Welding J. - 1991. - Mb 8. - P. 54-56.
- [2] Irving R. R. Can industry afford the high cost of weld repair? // Iron Age. - 1980. - X? 3. - P. 49-55.
- [3] 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] 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).
- [5] Ларионов В.П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении. – Новосибирск: Наука, 1986. – 168 с.
- [6] Волков, А.С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов // Свароч. пр-во. — 1974. - № 8. - С. 33-34.
- [7] 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).
- [8] Lai M. O.y Fong H. S. Fatigue perfomance of repaired pipelines steel weld // J. Mater. Sci. Lett. - 1988. - № 12. - P. 1353-1354.
- [9] Brink S. H. van den. Reparatielassen // Lastechniek. — 1989. - № 2. - P. 40-41, 43, 45, 47.
- [10] Recommendation on the repair of fatigue-loaded welded structures. — S. I. [1996]. — 16 p. (Intern. Inst, of Welding; Doc. XII632-96).
- [11] Поздняков, В.Д. Структура и хладостойкость сварных соединений стали 09Г2С после ремонтной сварки / В.Д. Поздняков, С.Б. Касаткин, В.А. Довженко // Автоматическая сварка. – 2006. – № 9. – С. 46–52.

- [12] Лебедев, В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке / В.А. Лебедев // Сварочное производство. - № 8. - 2008. - С. 11-14.
- [13] Кныш, В.В. Повышение ресурса металлоконструкций из низколегированных сталей высокочастотной механической проковкой после ремонтной сварки / В.В. Кныш, В.С. Ковальчук // Автоматическая сварка. - 2007. - № 11. - С. 39-42.
- [14] Варуха, Е.Н. Расчёт глубины проплавления изделия при сварке в углекислом газе / Е.Н. Варуха, А.А. Морозов // Автоматическая сварка. - 2002. - № 8. - С. 20-23.
- [15] Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. - 2007. - № 4. - С. 19-22.
- [16] Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. - М.: Машиностроение, 1974. - 240 с.
- [17] Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // Welding J. — 1993. — № 1. — P. 25-29.
- [18] Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. - Тольятти: ТолПИ, 2000. - 68 с.
- [19] 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.
- [20] Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. - 2000. - № 8. - С. 48-50.
- [21] Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. - February, 1995. - P. 59-68.

- [22] 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.
- [23] James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
- [24] Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- [25] 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.