

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология ремонтной сварки рамы траншеекопателя

Студент	<u>И.В. Бочаров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>В.В. Ельцов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (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 2019

АННОТАЦИЯ

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом находятся в эксплуатации инженерные сооружения и машины, уже исчерпавшие назначенный срок службы или имеющие срок службы, близкий к конечному. В своём большинстве эти конструкции имеют усталостные и хрупкие повреждения. Это делает небезопасной их дальнейшую эксплуатацию. Становится необходимым проведение мероприятий по восстановлению целостности таких конструкций.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки металлических конструкций на примере рамы траншеекопателя.

Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций позволяет предположить, что устранение сформулированных недостатков возможно при применении импульсного управления сварочной дугой.

В работе решены задачи: 1) обоснование замены способа ручной дуговой сварки на более эффективный; 2) повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой детали; 3) составление проектной технологии ремонтной сварки с применением предложенных ранее технических решений; 4) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений; 5) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

В проектом варианте технологии ремонтной сварки предлагается использование современных достижений сварочной науки. В настоящее время большое внимание уделено механизированной сварке в углекислом газе.

Пояснительная записка состоит из 58 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ современного состояния вопроса ремонтной сварки металлических конструкций	
1.1 Описание изделия и условия его работы	7
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу сварки металлических конструкций	14
1.4 Операции базовой технологии ремонтной сварки при устранении трещин в конструкции рамы	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	18
2 Проектная технология ремонтной сварки	
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки	20
2.2 Повышение эффективности ремонтной сварки	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки	27
2.4 Контроль качества	29
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса.	33
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	35
3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	38
3.5 Заключение по разделу	39
4 Оценка экономической эффективности	

выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	40
4.2 Расчёт фонда времени	43
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	43
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	46
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии	50
4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям	51
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии	53
4.8 Заключение по экономическому разделу	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	57

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом находятся в эксплуатации инженерные сооружения и машины, уже исчерпавшие назначенный срок службы или имеющие срок службы, близкий к конечному. В своём большинстве эти конструкции имеют усталостные и хрупкие повреждения. Это делает небезопасной их дальнейшую эксплуатацию. Становится необходимым проведение мероприятий по восстановлению целостности таких конструкций.

На практике решение подобных проблем производится путём проведения ремонта с применением дуговой сварки или упрочняющей обработкой поврежденных элементов [1].

Для восстановления металлических конструкций получили широкое применение стандартные технологии сварки, ранее разработанные для выпуска новых изделий. Однако, эти технологии не позволяют принимать во внимание особенности, которые присущи ремонтным соединениям. К таким особенностям следует отнести высокий уровень остаточных напряжений, также технолог обладает ограниченными возможностями выбора способов удаления дефектов. При составлении технологии ремонтной сварки следует принимать во внимание, что разделка кромок и сварка оказывают существенное влияние на свойства сварных соединений [2–5]. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на совершенствование ремонтных технологий.

В литературе есть достаточно много информации о влиянии ремонтной сварки на циклическую прочность восстановленных соединений [6, 7]. Предлагается ряд мероприятий для повышения их выносливости [8–14]. Значительно меньше имеется данных о том, как и в какой степени ремонтная сварка оказывает влияние на структуру металла и хладостойкость восстановленных узлов. Так, в работе [15] отмечается, что в результате ремонта увеличивается зона с измельченным зерном, что, однако, не влияет

на механические свойства сварных соединений. Исходя из данных работы [16] следует, что после многократных ремонтов ударная вязкость металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений снижается на 15...20 %.

В проектом варианте технологии ремонтной сварки предлагается использование современных достижений сварочной науки. В настоящее время большое внимание уделено механизированной сварке в углекислом газе. Однако разбрызгивание при сварке в углекислом газе представляет существенную проблему при производстве конкурентоспособной продукции с хорошим внешним видом.

Также серьёзной проблемой следует считать наличие связи между интенсивностью источника нагрева и увеличением давления на жидкий металл сварочной ванны. Если интенсивность нагрева низкая, то проплавление основного металла будет осуществляться за счёт теплопередачи через жидкий металл. В этом случае затруднено затекание расплавленного металла в щелевые зазоры, что, в конечном итоге, может существенно снизить качество сварки. При этом ещё и снижается производительность сварки. При повышении интенсивности источника нагрева начинают действовать силы электромагнитного происхождения, эти силы оказывают действие на расплавленный металл, вытесняя его из сварочной ванны. В свою очередь, это приводит к интенсивному разбрызгиванию и существенному снижению качества сварки, что не позволяет увеличить производительность сварки.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки металлических конструкций на примере рамы траншеекопателя.

1 Анализ современного состояния вопроса ремонтной сварки металлических конструкций

1.1 Описание изделия и условия его работы

Рабочий процесс цепного траншейного экскаватора протекает во время непрерывного движения базового, поэтому рассматриваемый объект - экскаватор ЭТЦ-1609 (рис. 1.1) – относится к тягачам экскаваторам непрерывного действия.



Рисунок 1.1 – Цепной траншейный экскаватор

Рассматриваемый цепной траншейный экскаватор нашёл широкое применение при выполнении протяженных выемок прямоугольного сечения (различные траншеи) и трапециадального сечения (каналы). Также экскаватор может быть применён при разработке карьеров строительных материалов (выработка глины, гравия, песка). Использование траншейного экскаватора позволяет при высокой производительности получить

дополнительное измельчение добываемого сырья до однородной массы, что облегчает его последующую обработку и транспортировку.

Рассматриваемый траншеекопатель (рис. 1.2) выполнен на базе колесного трактора и позволяет получать траншеи с прямоугольным профилем, имеющие глубину до 1,6 м и ширину до 0,4 м. Наибольшая эффективность использования экскаватора достигается при выполнении рассредоточенных земляных работ небольшого объема. На экскаваторе установлен поворотный гидроуправляемый бульдозерный отвал 11, позволяющий выполнять засыпку траншей.

Конструкция экскаватора позволяет навешивать сменное буровое, которое может быть использовано при нарезании щелей в мерзлых грунтах шириной до 0,14 м и глубиной до 1,3 м. Цепь 6 выполнена однорядной, втулочно-роликовой. Установку цепи производят на ведущей 12 и ведомой 14 звездочках. Цепь содержит сменные резцы 17...19, выполняющие послойное срезание грунта. Дополнительно цепь содержит сменные скребки 16, осуществляющие подъем грунта из траншеи. Расположение резцов и скребков на цепи выполнено в соответствии с определенной схемой, которая позволяет равномерно распределить нагрузку на цепь при осуществлении копания. Это повышает долговечность цепи. При смене резцов и скребков, можно получать траншеи с различной шириной (0,2; 0,27 и 0,4 метров).

Цепь при своей работе обегает наклонную раму 4 (рис. 1.3), которая прикрепляется сзади к базовому трактору. Ведущая звездочка 12 цепи закреплена на приводном валу 2, она получает вращение от вала отбора мощности 10 через трехступенчатый редуктор 8. Это редуктор имеет переменное передаточное число, что обеспечивает четыре рабочие скорости (0,8...2,1 м/с) и позволяет получить реверсивный ход цепи.

Регулировка натяжения цепи осуществляется перемещением натяжной звездочки 14 при помощи винтового натяжного устройства 15. Грунт из траншеи выносится скребками в направлении ведущей звездочки. Удаление грунта в боковые отвалы происходит при помощи двух шнеков 7,

установленных на раме. Эти шнеки установлены на общем валу и приводятся во вращение от скребковой цепи. К раме 3 рабочего органа за скребковой цепью консольно закреплён зачистной башмак 5, осуществляющий зачистку и сглаживание дна траншеи.

При работе траншеекопателя в конструкции его рамы происходит образование трещин различного направления и протяжённости.

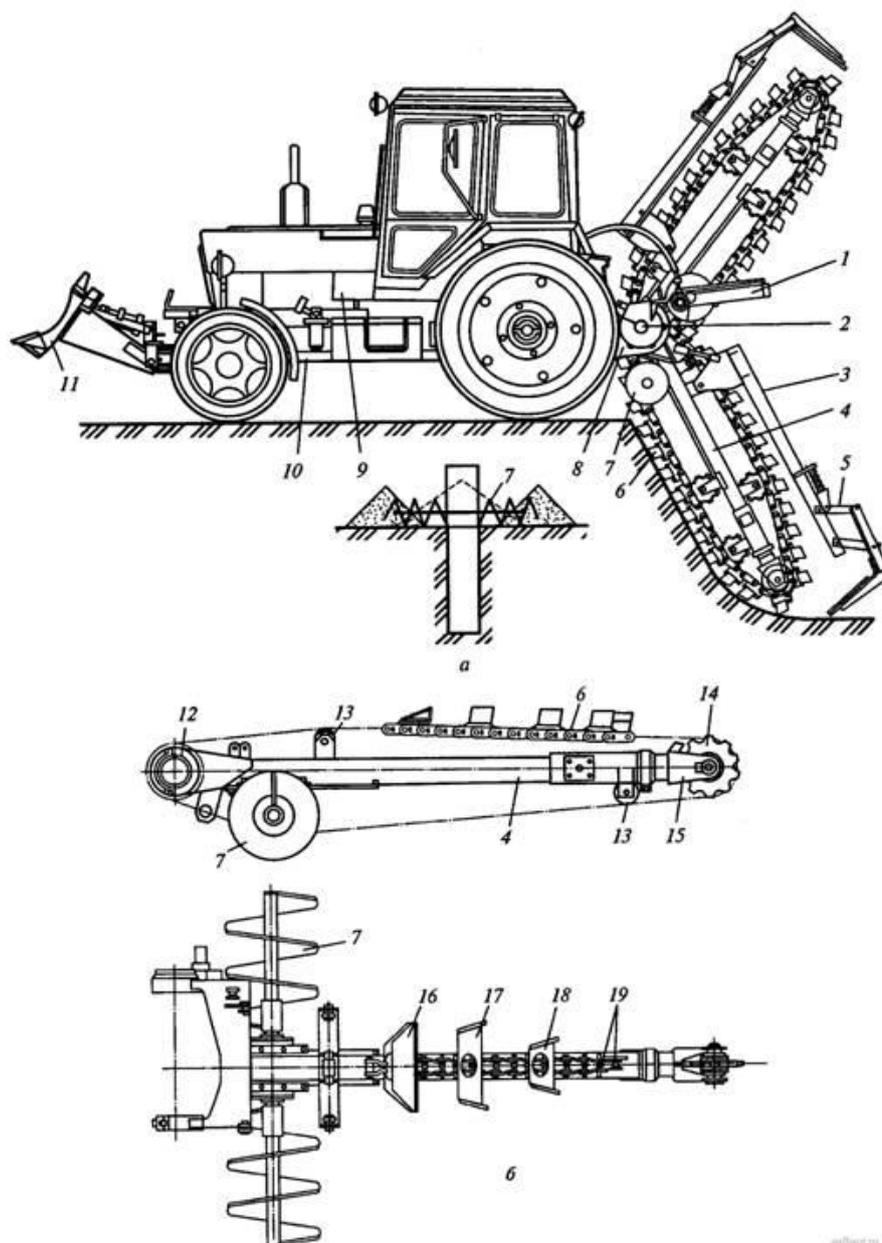
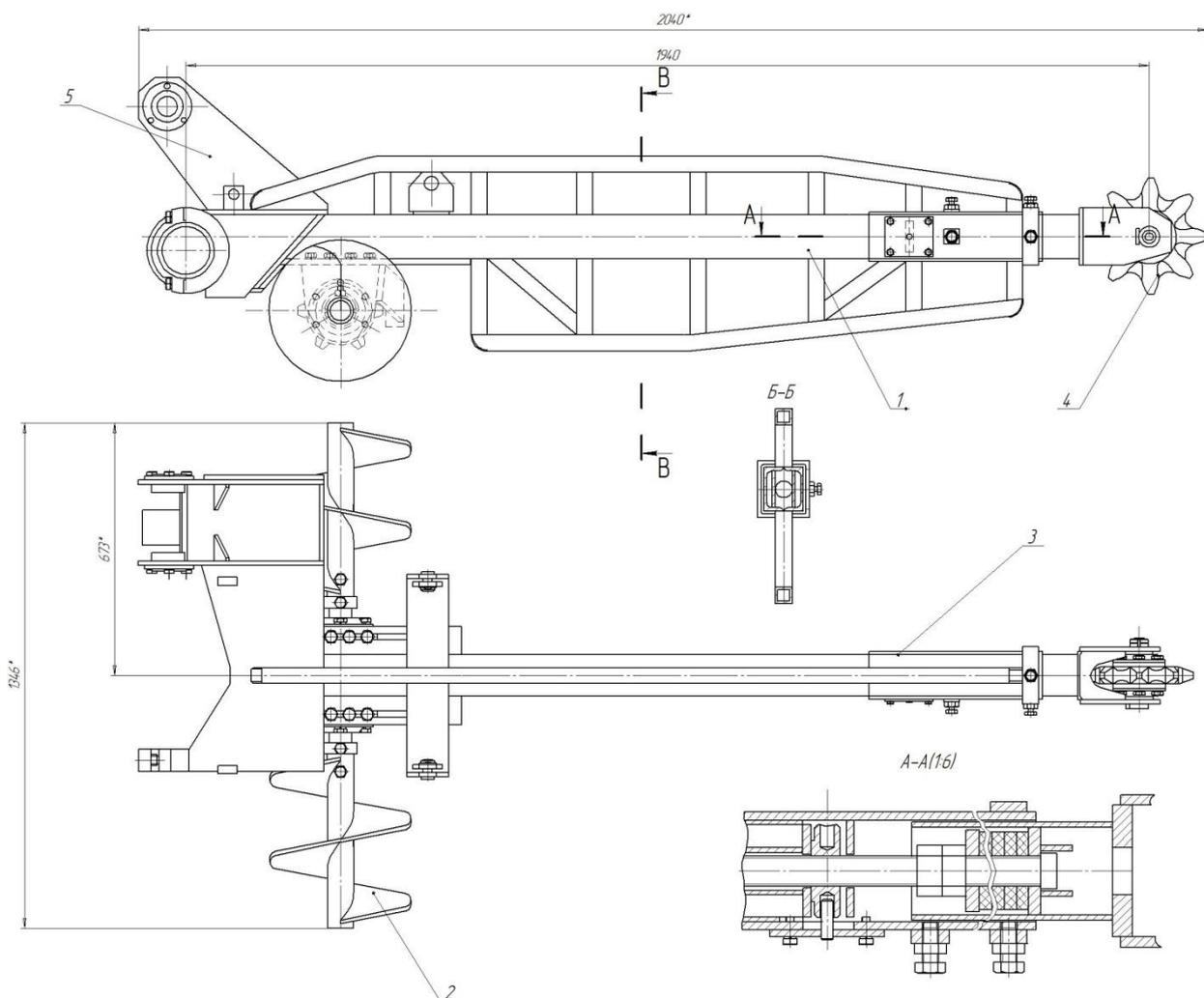


Рисунок 1.2 – Состав цепного траншейного экскаватора



- 1 – рама наклонная 2 – шнек; 3 – опора звёздочки;
 4 – звёздочка натяжная; 5 – опора ведущего ролика

Рисунок 1.3 – Рама траншеекопателя

1.2 Сведения о материале изделия

Рама траншеекопателя включает в себя детали, выполненные из стали 09Г2С. Это низколегированная конструкционная сталь, которая получила широкое распространение при проведении сварных работ и выполнении металлических конструкций различного назначения. Основное назначение сталь 09Г2С – изготовление различных сварных металлических конструкций, работающих при температуре от -70 до $+425$ °С при избыточном давлении.

Заменителями стали 09Г2С могут быть стали марок 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Свариваемость сталь 09Г2С хорошая, при соединении элементов из этой стали с применением дуговой сварки не требуется проводить предварительный подогрев или последующую термическую обработку.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С (Fe – остальное)

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

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 09Г2С при температуре 20°С

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

На термический цикл при сварке сталь 09Г2С реагирует несколько иначе, нежели обычная низкоуглеродистая сталь. Главное отличие проявляется в повышенном образовании закалочных структур в металле шва и околошовной зоне, если скорость охлаждения высокая. Высокая скорость охлаждения при сварке конструкций из стали 09Г2С также приводит к образованию в сварных швах мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. В этом случае обнаруживаемый мартенсит имеет бесструктурный характер. Содержащийся в сварном шве бейнит находится в виде феррито-карбидной смеси, имеющей высокую степень дисперсности. Эти структурные составляющие могут находиться в сварном шве в различном количестве, которое зависит от температурного цикла сварки. Если происходило уменьшение погонной энергии сварки, то количество мартенсита бейнита и остаточного аустенита повышается, происходит также увеличение их дисперсности.

Присутствие закалочных структур в небольшом количестве незначительно влияет на механические свойства сварных соединений. В основном это объясняется равномерным и дезориентированным расположением этих структур в мягкой ферритной основе сварного шва. Тем

не менее при увеличении доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне происходит резкое уменьшение пластичности металла и снижение его стойкости против хрупкого разрушения. Присутствие марганца, кремния и других легирующих элементов приводит к образованию большего количества закалочных структур в металле сварного соединения. При дуговой сварке конструкций из стали 09Г2С следует придерживаться режимов, обеспечивающих меньшую погонную энергию по сравнению со сваркой конструкций из низкоуглеродистой стали.

Получение равнопрочного металла шва и основного металла достигается за счёт легирования сварного шва элементами, переходящими из основного металла. Для повышения прочности металла сварного шва и стойкости против хрупкого разрушения следует использовать дополнительное легирование металла шва через сварочную проволоку.

В случае сварки металлических конструкций из стали 09Г2С стойкость металла сварного шва против кристаллизационных трещин несколько ниже, чем в случае сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей. Объяснением этого служит усиление негативного влияния углерода и кремния. Повышение стойкости против возникновения трещин может быть получено при снижении содержания в металле сварного углерода и серы, что может быть достигнуто при использовании сварочной проволоки, которая имеет пониженное содержание этих элементов. На прочность сварных соединений и отсутствие дефектов оказывает существенное влияние правильный выбор технологии сварки.

Причинами непроваров являются: 1) неправильно выбрана форма разделки; 2) малая величина погонной энергии при сварке; 3) нарушения при проведении подготовки поверхностей деталей под сварку; 4) чрезмерная величина притупления кромок при разделке; 5) в процессе сварки сварочный электрод был смещён относительно оси шва; 6) низкое качество промежуточной зачистки швов после выполнения очередного прохода.

Причинами подрезов являются: 1) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая сила сварочного тока; 2) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 3) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 4) при осуществлении сварки не был обеспечен достаточный наклон сварочного электрода (неправильное ведение сварочного электрода).

Причинами наплывов являются: 1) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая сила сварочного тока; 2) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 3) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 4) смещение электрода при сварке; 5) при осуществлении сварки не был обеспечен достаточный наклон сварочного электрода (неправильное ведение сварочного электрода).

Причинами трещин являются: 1) после сварки произошло превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) после сварки не была обеспечена минимальная скорость охлаждения стыка; 3) в процессе сварки была нарушена газовая защита; 4) низкое качество основного металла.

Причинами появления пор являются: 1) при сварке были применены отсыревшие электроды; 2) нарушение подготовки свариваемых кромок; 3) при сварке использовался электрод большего диаметра; 4) при осуществлении сварки была использована чрезмерная длина дуги; 5) при выборе параметров режима была выбрана слишком большая скорость сварки; 6) в процессе сварки была нарушена газовая защита; 7) низкое качество основного металла.

Причинами появления включения являются: 1) нарушения при проведении подготовки поверхностей деталей под сварку; 2) низкое качество основного металла; 3) нарушение технологии сварки; 4) в процессе сварки была нарушена газовая защита.

1.3 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу сварки металлических конструкций

Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по тематике ремонтной сварки металлических конструкций. Поиск проведён в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «ремонтная сварка», «сталь 09Г2С», «диссертация», «Автоматическая сварка журнал», «Сварочное производство журнал».

В литературе есть достаточно много информации о влиянии ремонтной сварки на циклическую прочность восстановленных соединений [6, 7]. Предлагается ряд мероприятий для повышения их выносливости [8–14]. Значительно меньше имеется данных о том, как и в какой степени ремонтная сварка оказывает влияние на структуру металла и хладостойкость восстановленных узлов. Так, в работе [15] отмечается, что в результате ремонта увеличивается зона с измельченным зерном, что, однако, не влияет на механические свойства сварных соединений. Исходя из данных работы [16] следует, что после многократных ремонтов ударная вязкость металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений снижается на 15...20 %.

Для дальнейшего анализа было отобрано пять работ.

В **первой** работе [16] предложен состав газовой смеси для механизированной сварки в защитных газах, в состав которой введен озон в количестве 0,00001...0,1%, что существенно повышает технологические свойства сварочной дуги.

Результаты этой работы будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы при составлении проектной технологии сварки.

Во **второй** работе [17] выполнено исследование, как циклические нагружения изгибом влияют на сопротивляемость хрупкому разрушению металла зоны термического влияния. Также было изучено накопление

усталостных повреждений и изменение микроструктуры в стыковых и тавровых сварных соединениях металлических конструкций, выполненных из стали 09Г2С. В ходе исследований наглядно показано, что наличие острого концентратора напряжений при работе металлической конструкции в условиях низких температур существенно снижает сопротивляемость металла зоны термического влияния хрупкому разрушению.

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

В **третьей** работе [18] 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.

В **четвёртой** работе [19] поставлена цель – повышение технологической и энергетической эффективности сварки с применением импульсного управления сварочной дугой. Поставленная цель достигалась путём решения задач. Во-первых, был выполнен анализ современных подходов к улучшению технологии импульсной дуговой сварки и построению оборудования для реализации этой технологии. Во-вторых, проведено изучение закономерностей плавления электродного металла при сварке плавящимся электродом в защитных газах в условиях импульсного управления сварочной дугой. В-третьих, произведено выявление путей увеличения скорости расплавления электродного металла применением импульсного воздействия. В-четвёртых, исследованы особенности применения импульсного управления сварочной дугой при сварке плавящимся электродом и при использовании импульсного лазерного излучения в гибридных лазерно-дуговых сварочных технологиях.

Результат этой работы применим в выпускной квалификационной работе при анализе способов ремонтной сварки изделия и при разработке

проектной технологии, так как, скорее всего, будет использована механизированная сварка в защитных газах с импульсным управлением сварочной дугой.

В пятой работе [20] рассматриваются произведён анализ влияние параметров импульсной подачи электродной проволоки на формирование валика наплавляемого металла сварного шва. Рассмотрено также влияние параметров импульсной сварки на износостойкость металла сварного шва и потери электродного металла. Проведено сравнение полученных результатов применительно к сварке с постоянной подачей сварочной проволоки и при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки. Доказано, эффективное управление формированием наплавленного валика возможно путём изменения скорости подачи электродной проволоки при постоянных энергетических параметрах процесса. При этом существует потенциал по повышению износостойкости и снижению количества потерь электродного металла. Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать ремонтную сварку в защитных газах.

1.4 Операции базовой технологии ремонтной сварки при устранении трещин в конструкции рамы

Перед выполнением сварки следует выполнить зачистку металла, которая производится на протяжении всей трещины. Ширина зачищаемого участка составляет 20...25 мм с каждой стороны от трещины. Выявление концов трещины производят, применяя соответствующие способы дефектоскопии (воздействие проникающими растворами, травлением, магнитной дефектоскопией и др.).

На концах трещины высверливают сквозные отверстия, которые должны иметь диаметр $d = 1,5t$, где t - толщина конструкции, в которой производится устранение трещины. При этом центр кернения и засверловки

должен находиться на расстоянии от видимого конца трещины, которое равно или больше половины диаметра сверла.

Разделку кромок под выполнение сварных швов следует делать согласно размерам, соответствующим С17, С18 или С23 (ГОСТ 5264-80). Если толщина конструкции, в которой устраняется трещина, равна 15 мм и больше, и существует возможность доступа месту ремонтной сварки с двух сторон, разделявать трещину под шов С26.

При зачистке следует поверхность шва зачищать заподлицо с основным металлом. При этом получаемые риски от шлифовки должны ложиться вдоль предполагаемого нагружения при работе конструкции.

Если устраняется несквозная трещина в массивных деталях, то выполнение скос кромок следует производить на всю глубину залегания трещины. При подготовке сварочной канавки периодический контроль глубины трещины проводят путём засверливаний в сочетании с применением методов поверхностной дефектоскопии.

Неполная заварка трещин не допускается. Иными словами, в конструкции после сварки не должны сохраняться участки, имеющие сплошность сечения.

При выполнении ремонтной сварки наложение швов должно проводиться за несколько проходов, чтобы требуется для предотвращения перегрева основного металла.

Обнаруженные дефекты сварных соединений в процессе ремонта должны быть устранены, после чего необходимо провести контроль исправленных участков. Применяемые при устранении дефектов методы сварки и контроля качества должны обеспечивать требуемую степень надежности и безопасности работы.

Если в процессе контроля качества выявлены сквозные и несквозные повреждения, имеющие площадь до 4 см², следует при помощи засверловки или вырубки зубилом подготовить дефектное место под сварку. Если

повреждение сквозное, его следует заварить с двух сторон. Не допускаются дефекты типа трещин, пор, шлаковых включений и подрезов.

Если выполняется разделка металла в нижнем положении, то глубину канавки не следует делать больше, чем на диаметр электрода + 2 мм. В противном случае большая глубина разделки помешает полному удалению расплава из канавки при повторном проходе.

Ремонтная сварка проводится с применением в качестве источника питания сварочной дуги выпрямителя ВД-252.

Внешний осмотр с целью выявления дефектов должен проводиться на всех сварных швах независимо от того, какие потом будут применять другие методики контроля. Внешний осмотр сварных швов производят по всей протяженности сварного шва с двух сторон, если это допускает конструкция изделия. Внешний осмотр проводят невооруженным глазом или с использованием лупы четырехкратного увеличения, проверяют металлическую конструкцию на отсутствие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок.

Сварной шов и прилегающие к нему поверхности перед проведением внешнего осмотра следует очистить от шлака и других загрязнений, которые могут затруднить осмотр. Зачистка производится на ширине не менее 20 мм в обе стороны от сварного шва.

Если при внешнем осмотре были выявлены дефекты, то их следует устранить перед проведением контроля с использованием другими методик контроля.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки металлических конструкций на примере рамы траншеекопателя. Базовая технология ремонтной сварки предусматривает заварку трещины с использованием

ручной дугой сварки. Это сопряжено со следующими недостатками, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) тяжёлые условия труда сварщика;
- 2) низкая производительность сварочных операций;
- 3) повышенный расход электродного металла на разбрызгивание и огарки;
- 4) появление большого числа дефектов при проведении ремонтной сварки и необходимость повторной заварки дефекта.

Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций позволяет предположить, что устранение сформулированных недостатков возможно при применении импульсного управления сварочной дугой.

Сформулируем задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) обоснование замены способа ручной дуговой сварки на более эффективный;
- 2) повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой детали;
- 3) составление проектной технологии ремонтной сварки с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 5) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

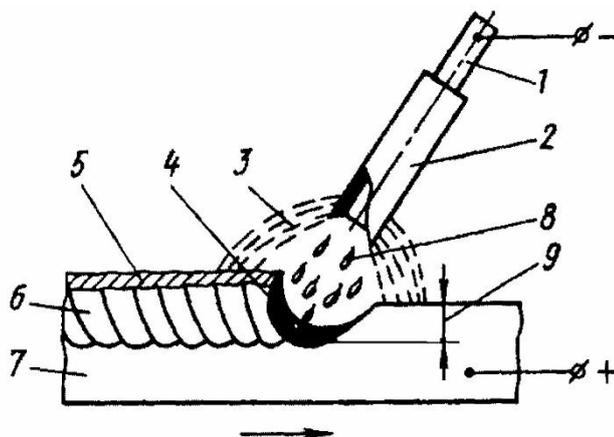
2 Проектная технология ремонтной сварки

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

Применительно к рассматриваемой детали для ремонтной сварки могут использоваться следующие способы:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Ручная дуговая сварка штучными электродами (рис. 2.1) являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях. Обустройство сварочного поста требует небольших капитальных вложений в оборудование, а расходы на электроды относительно невелики.



1 - металлический стержень; 2 - покрытие электрода; 3 - газовая атмосфера дуги; 4 - сварочная ванна; 5 - затвердевший шлак; 6 - закристаллизовавшийся металл шва; 7 - основной металл (изделие); 8 - капли расплавленного электродного металла; 9 - глубина проплавления

Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой сварки штучными электродами

Уровень технологии изготовления и поставки заказчикам электродов на ведущих предприятиях стран СНГ существенно вырос и приблизился к мировому по основным показателям. Решены вопросы качества нанесения

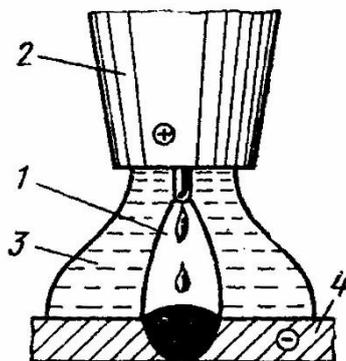
покрытия, стартового участка, маркировки, расфасовки и упаковки. Номенклатура электродов остается относительно узкой. Отчасти это связано с объективными причинами состояния рынка потребления.

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения (рис 2.2) в ведущих в экономическом отношении странах мира составляет более половины всего производства [21]. При разделении по классам свариваемого металла проволоки используют преимущественно для сварки углеродистых и низколегированных, нержавеющей сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов. Для достижения требуемых служебных свойств сварных соединений возможно регулирование показателей за счет состава не только проволоки, но и защитного материала (моногазы или смеси газов).

Плотность тока при сварке проволоками сплошного сечения существенно выше, чем штучными электродами, что позволяет регулировать характеристики плавления в широких пределах, реализовать синергетические и комбинированные управляемые процессы для сварки различных металлов и объектов применения. В частности, управление переходом электродного металла в шов может обеспечить устойчивые характеристики при переносе с короткими замыканиями, капельном без замыканий, осевом струйном,

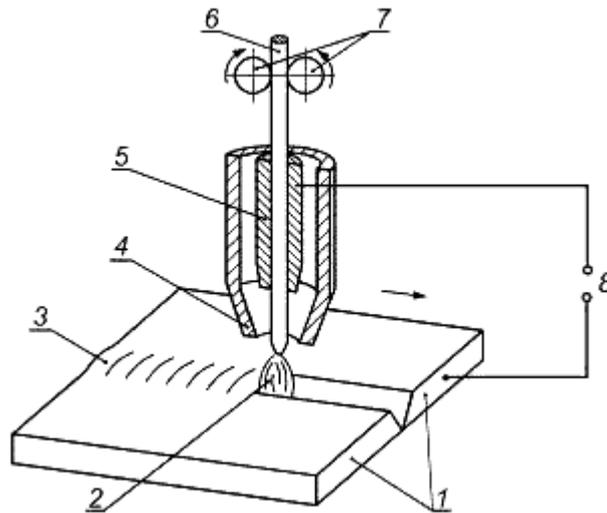
пульсирующем струйном или модульно-регулируемом по поверхностному натяжению капли металла.



1 - дуга; 2 - сопло; 3 - защитный газ; 4 - основной металл

Рисунок 2.2 – Схема механизированной сварки в защитных газах

Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (рис. 2.3) вобрала в себя преимущества, присущие ручной дуговой сварке штучными электродами (стабильная защита сварочной ванны и металла шва, возможность легирования и раскисления металла шва), и преимущества, присущие механизированной сварке проволоками сплошного сечения в защитных газах (возможность повышения производительности сварочных работ при применении форсированных режимов). Сварка самозащитными порошковыми проволоками позволяет получить существенные производственные преимущества, особенно сильно проявляющиеся при проведении работ в монтажных условиях и при сварке швов в различном положении. В качестве положительного момента следует отметить, что сварка с использованием порошковой самозащитной проволоки не требует использования газовой аппаратуры (нет необходимости в баллонах, шлангах, газовых редукторах), которая приводит к усложнению сварки и повышению её трудоемкости.



1 – заготовка; 2 – дуга; 3 – сварной шов; 4 – горелка; 5 – мундштук;
 6 – порошковая проволока; 7 – подающие ролики; 8 – источник питания

Рисунок 2.3 – Схема механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками

В числе преимуществ механизированной сварки с использованием самозащитных порошковых проволок можно отметить: возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, что обладает особой важностью при сварке с применением поперечных колебаний электрода. Отсутствие необходимости применения флюса делает возможным слежение за образованием шва. Изменением состава шихты порошковой проволоки осуществляется изменение химического состава металла сварного шва и технологических характеристик сварочной дуги.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки принимаем решение использовать механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

2.2 Повышение эффективности ремонтной сварки

Совершенствование оборудования для дуговой сварки долгое время производилось в сторону вытеснения традиционных источников питания сварочной дуги инверторными выпрямителями. Однако полного завершения этого процесса не произошло и в ближайшее время не произойдет. Сохранение доли традиционных источников питания наблюдается не только в Российской Федерации, но и в технически развитых западных странах [21]. Это происходит, несмотря на достоинства инверторных сварочных источников питания и перспективность их применения. Объяснение такого явления в своей основе содержит простоту и надежность традиционных сварочных источников питания. Во многих областях промышленности именно традиционные выпрямители еще долгое время будут обеспечивать главные показатели качества сварки, и выбор сварочного оборудования при построении технологических процессов будет падать на них. Современные инверторные источники питания ограничены по току, поэтому исходя из соображений надежности и экономичности в большинстве случаев предпочтительнее применение традиционных схемных решений.

В настоящий момент сварочные выпрямители являются наиболее распространенным источником питания для дуговой сварки. Они обладают простотой и надежностью устройства, обслуживания, позволяют достигать маневренности, и имеют достаточно высокий КПД.

Предлагаемое устройство может быть применено в сварочном производстве и относится к источникам питания для дуговой сварки высокочастотным импульсным током. При использовании этого устройства происходит повышение качества сварного соединения за счет повышения пространственной устойчивости дуги и стабильности проплавления.

На рис. 2.4 дана схема предлагаемого высокочастотного импульсного источника питания для дуговой сварки. Высокочастотный импульсный источник питания для дуговой сварки содержит трехфазный трансформатор

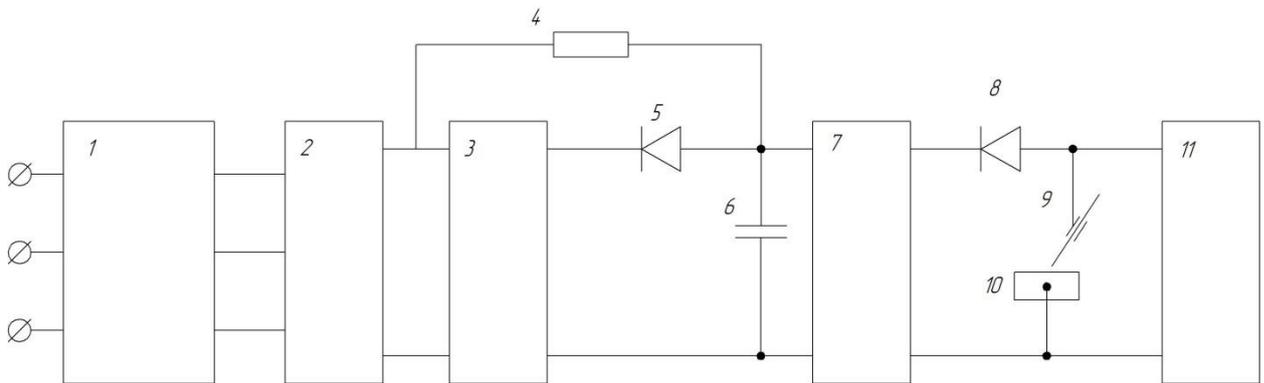
1, первичная обмотка которого соединена с сетью, а ко вторичной обмотке подключен выпрямитель 2, на выход которого включен импульсный стабилизатор тока 3 и один конец резистора 4, выход импульсного стабилизатора тока через диод 5 соединен с конденсатором 6, который подсоединен к входу модулятора 7 и второму выводу резистора 4, выход модулятора через диод 8 соединен с выходами 9 и 10 высокочастотного импульсного источника питания, параллельно которому подключен блок дежурной дуги 11.

Высокочастотный импульсный источник питания для дуговой сварки работает следующим образом. Первоначально на выходы 9 и 10 с блока дежурной дуги подается небольшой ток, достаточный для возбуждения и поддержания горения электрической дуги. Напряжение от сети трансформируется через вторичную обмотку трансформатора 1 на выпрямитель 2, выпрямленное напряжение подается на импульсный стабилизатор тока 3 и одновременно через резистор 4 заряжает конденсатор 6.

На выходе импульсного стабилизатора тока устанавливается напряжение меньшее, чем на конденсаторе. Конденсатор остается заряженным до момента включения модулятора 7. При включении модулятора конденсатор 6 через диод 8 подключается к дуговому промежутку и начинает разряжаться, формируя высокопроводящий, высокотемпературный столб электрической дуги. Время разряда несколько микросекунд. Затем, по мере сравнения напряжения на выходе импульсного стабилизатора тока и конденсатора, открывается диод 5 и дуговой промежуток начинает питаться от импульсного стабилизатора тока.

Ток течет по подготовленному разрядом конденсатора каналу. На выходе формируется пространственно устойчивая электрическая дуга. Далее процессы повторяются. Время включения модулятора определяет частоту и скважность импульсов.

Дуга первоначально питается от мгновенного источника напряжения - конденсатора, а затем от источника тока - импульсного стабилизатора тока. Конденсатор обеспечивает пространственную устойчивость дуги, а импульсный стабилизатор тока обеспечивает устойчивость горения и стабильность проплавления. Таким образом, предлагаемое устройство позволяет повысить мощность дуги и увеличить скорость сварки почти в 2 раза. Кроме того, повышается качество сварного соединения за счет повышения проплавленной устойчивости дуги и стабильности проплавления.



1 - трансформатор, 2 - выпрямитель, 3 - импульсный стабилизатор тока, 4 - резистор, 5 - диод, 6 - конденсатор, 7 - модулятор, 8 - диод, 9 - горелка, 10 - изделие, 11 - блок дежурной дуги

Рисунок 2.4 – Устройство импульсной сварки

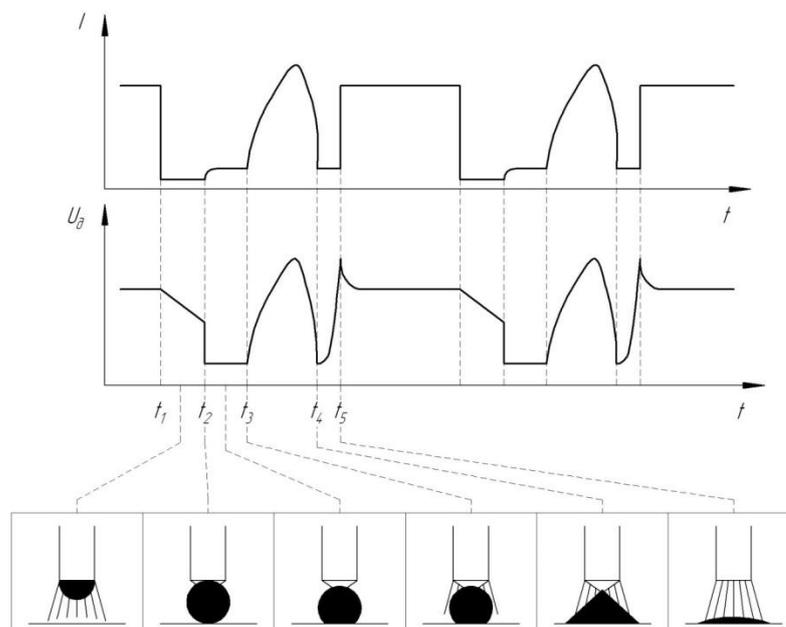


Рисунок 2.5 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

2.3 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки

Если устраняемая трещина несквозная, то её разделку необходимо выполнять на всю глубину залегания трещины до целого металла. Длина разделки в этом случае должна быть больше видимых границ трещины на 15...20 мм. Если устраняемая трещина сквозная, то при её разделке концы следует засверлить сверлом диаметром 8...12 мм и произвести зенковку на одну треть – половину толщины металла.

Определение границы трещины может быть проведено нагревом места трещины газовой горелкой, при этом температура нагрева должна быть 100...150 °С. Расположение трещины намечают при помощи керна. Разделку трещины производят, выполняя плавный выход на поверхность на расстоянии 50 мм от концов трещины.

Разделку трещины будем выполнять при помощи плазменной резки. Для этого применим аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 - Аппарат для плазменной резки Powermax 125 HAND

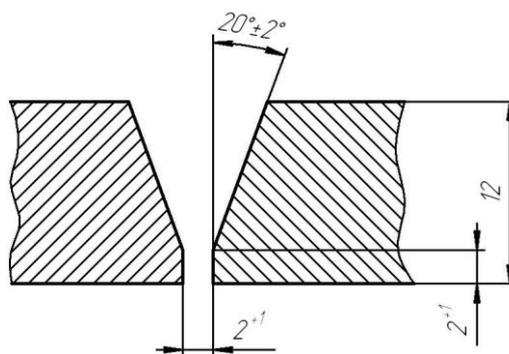


Рисунок 2.7 – Разделка кромок по ГОСТ 14771–78 (С17)

В месте заварки трещины после выполнения разделки и подготовки кромок следует произвести зачистку основного металла до металлического блеска, которая должна быть выполнена не менее чем на 20 мм в обе стороны от границ разделки.

Для сварки применим углекислый газ высшего сорта (ГОСТ 8050–85).
Задаваемый расход газа при сварке 1,0...1,4 м³/ч.

Защиту поверхности металла от сварочных брызг проводим с использованием жидкого концентрата лигносульфоната марки ЛСТ (ТУ 13-0281036-05-89) или других защитных средств, имеющих аналогичные свойства, и не влияющие на качество сварки. Разведение лигносульфоната выполняют в воде, нагретой до температуры 50...60 °С. Вещество разводят в концентрации 1:4 по массе или 1:5 по объему. Получаемую при этом жидкость наносят тонким слоем на поверхность свариваемых изделий по ширине 100...150 мм в обе стороны от места сварного шва. Обработку проводят за 1...2 часа до начала сварки. Перед нанесением защитного покрытия детали следует очистить от масла, эмульсий и других жировых веществ.

Параметрами режима сварки являются: ток прямой полярности, диаметр проволоки 1,4 мм, вылет электрода 13...20 мм, ток сварки 200...250 А. Выполнение сварки ведут «углом назад».

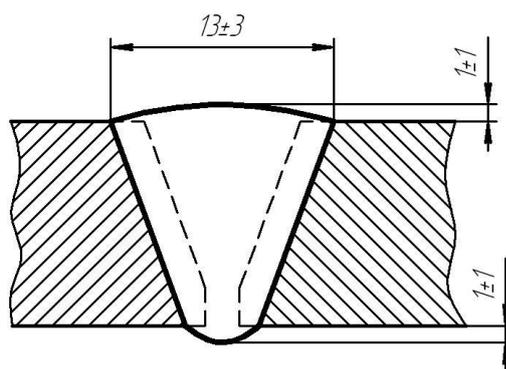


Рисунок 2.8 – Геометрия сварного шва

В качестве источника питания сварочной дуги применим выпрямитель ВДУ-506 (рис. 2.9). Подачу сварочной проволоки производим полуавтоматом ПДГ-525 (рис. 2.10).



Рисунок 2.9 - Выпрямитель ВДУ-506



Рисунок 2.10 – Полуавтомат ПДГ-525

2.4 Контроль качества

Методы и объём контроля:

- визуальный контроль и измерения (100 %);
- испытания керосином (100 %);
- ультразвуковой контроль (100 %)

В сварных соединениях не допускаются трещины всех видов и направлений, расположенные в швах и околошовной зоне, в том числе и микротрещины.

В сварных швах соединений не допускаются:

- непровары в корне шва в соединениях, доступных сварке только с одной стороны, без подкладок, глубиной более 15 % толщины основного металла,

если эта толщина не превышает 20 мм, и более 3 мм, если толщина основного металла превышает 20 мм;

- размеры отдельных шлаковых включений или пор, либо скоплений их по глубине шва более 10 % при толщине свариваемого металла до 20 мм и более 3 мм при толщине свариваемого металла свыше 20 мм;

- шлаковые включения, расположенные цепочкой или сплошной линией вдоль при суммарной их длине, превышающей 200 мм на 1 м шва;

- скопления газовых пор в отдельных участках шва в количестве более 5 на 1 см² площадки шва;

- суммарная величина непроваров, шлаковых включений и пор, расположенных отдельно или цепочкой, в рассматриваемом сечении при односторонней сварке без подкладок превышающая 15 %, или 3 мм;

- подрезы и наплывы.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок, на котором выполняют ремонтную сварку рам траншеекопателей и других металлических конструкций, содержит следующие оборудования: сварочный выпрямитель, полуавтомат, вспомогательное оборудование для разметки, резки и подготовки деталей.

Технологии, в которых предусмотрено в качестве основной операции выполнение сварки представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с этим становится необходимым проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи энергетических параметров процесса сварки (ток и напряжения на дуге), особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает, объемов выделений сварочного аэрозоля и других вредных веществ.

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Механизированная дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1 Входной контроль	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	1) Кран-балка 2) Лупа х4 3) Машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 4) Дрель электрическая 5) Щётка металлическая	СОЖ, абразивный круг
2. Заготовительная операция	Слесарь-сборщик	1) Аппарат плазменной строжки Powermax 125 2) Щётка металлическая	Воздух сжатый
3. Ремонтная варка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) Выпрямитель ВДУ-506 2) Полуавтомат ПДГ-525 3) Формирователь импульсов	1) Сварочная проволока 2) Углекислый газ
4. Проведение контроля качества	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп	Масло

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Кран-балка 2) острые края листов и профильного проката
2. Заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сортоправильная машина 2) Дробемётный аппарат 3) Ножницы гильотинные, 4) Резак ГРМ-70 5) Фрезерный станок 6) Газорезатель-ная машина

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - брызги расплавленного металла 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Сборочное приспособление 2) Полуавтомат сварочный ПДГ-515 3) Выпрямитель ВДУ-506 4) Шаблон сварщика УШС-3
4. Проведение контроля качества	<ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне 	Ультразвуковой дефектоскоп

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Механизированная дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля.

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция
9. Брызги расплавленного металла	Инструктаж производственного персонала	Спецодежда, щиток сварщика, рукавицы

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сборочное приспособление, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операции сварки, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.4 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная сварка	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Ремонтная сварка металлических конструкций
Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу	На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение.

3.5 Заключение по разделу

При выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества ремонтной сварки металлических конструкций на примере рамы траншеекопателя. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение механизированной сварки и плазменной разделки дефектного участка. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Расчёт экономической эффективности целесообразно провести на одно изделие, учитывая операции технологии, подвергающиеся изменению по сравнению с базовым вариантом технологического процесса. Базовая и проектная технологии предусматривают выполнение следующих операций: зачистка трещины от грязи и краски (первая операция); разделка дефектного участка (вторая операция); сварочная (третья операция); контроль качества (четвёртая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	20	20
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии: - Выпрямитель ВДУ-506 - Выпрямитель ВД-252 - Строгач К3000 - Установка ультразвукового контроля - Полуавтомат ПДГ-525 - Аппарат плазменной строжки PowerMax 125	Цоб	Руб.	-	+
			+	-
			+	+
			-	+
			-	+
			450 тыс.	750 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	9	9
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Время машинное	t _{МАШ}	час	0,833	0,347

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

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

где $T_{см}$ – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{п}$ – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

$T_{п}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

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

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

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

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_э = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

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

где $t_{\text{ШТ}}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{МАШ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{ШТ.баз}} = 0,833 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,008 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{ШТ.проектн.}} = 0,347 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,420 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{ШТ}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$Пг_{\text{баз.}} = 4108/1,008 = 4000 \text{ деф./ год};$$

$$Пг_{\text{проектн.}} = 4108/0,420 = 10000 \text{ деф./ год}.$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения $Пг = 4000$ дефектов за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot Пг}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$Пг$ – принятая годовая программа;

$F_{\text{э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{\text{ВН}}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{\text{баз.}} = \frac{1,008 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,95$$

$$n_{\text{проектн.}} = \frac{0,42 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,40$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$K_{зб} = 0,95/1 = 0,95$$

$$K_{зп} = 0,40/1 = 0,40$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

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

где C_m – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{т-з}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{баз.} = 354,00 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 412,00 \text{ руб.}$$

$$M_{проектн.} = 78,00 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55,00 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

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

где $C_{ч}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{д}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{осн.баз.} = 1,008 \cdot 200 \cdot 1,88 = 379,00 \text{ руб.}$$

$$З_{осн.проектн.} = 0,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 158,00 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{доп}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$З_{доп.базов.} = 379 \cdot 12 / 100 = 45 \text{ руб.};$$

$$З_{доп.проектн.} = 158 \cdot 12 / 100 = 19 \text{ руб.};$$

$$\PhiЗП_{базов.} = 379 + 45 = 424 \text{ руб.};$$

$$\PhiЗП_{проектн.} = 158 + 19 = 177 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$Осн = \PhiЗП \cdot K_{сн} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$Осс_{баз.} = 424 \cdot 30 / 100 = 144 \text{ руб.}$$

$$Осс_{проектн.} = 177 \cdot 30 / 100 = 60 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

N_a – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{450000 \cdot 21,5 \cdot 0,833}{4108 \cdot 100} = 19,61 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{750000 \cdot 21,5 \cdot 0,347}{4108 \cdot 100} = 13,62 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-эб} = \frac{9 \cdot 0,833 \cdot 3,02}{0,7} = 21,2 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{9 \cdot 0,347 \cdot 3,02}{0,7} = 10,4 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 19,61 + 21,2 = 31,81 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{проектн.} = 13,62 + 10,4 = 24,02 \text{ руб.}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

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

где $P_{пл}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ЭКСПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$D_{I \text{ ЭА}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108} = 9,8$$

$$D_{I \text{ ЭА}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108} = 4,1$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ПЛ}} \cdot N_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШГ}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $N_{\text{ПЛ}}$ – норма амортизации площади;

$C_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$\dot{A}_{I \text{ ЭА}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 7,3$$

$$\dot{A}_{I \text{ ЭА}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 3,2$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$Z_{\text{ПЛБ}} = 9,8 + 7,3 = 17,1 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ПЛПР}} = 4,1 + 3,2 = 7,3 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + \text{Осс} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 424 + 144 + 31,81 + 17,1 = 1028,91 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55+177+60+24,02+7,3= 323,32 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1028,91+1,5 \cdot 379 = 1028,91+568,50 = 1597,41 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 323,32+1,5 \cdot 158 = 323,32+237,00 = 560,32 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1597,41+1,15 \cdot 379 = 1597,41+435,85 = 2033,26 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 560,32+1,15 \cdot 158 = 560,32 + 181,70 = 742,02 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	412	55
2	Фонд заработной платы	ФЗП	424	177
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	144	60
4	Затраты на оборудование	Зоб	31,81	24,02
5	Расходы на площади	Зпл	17,1	7,3
	Себестоимость технологич.	Стех	1028,91	323,32
6	Расходы цеховые	Рцех	568,50	237,00
	Себестоимость цеховая	Сцех	1597,41	560,32
7	Расходы заводские	Рзав	435,85	181,70
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	2033,26	742,02

4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.20)$$

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

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

где $C_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 450000 - (450000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 159750 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 159750 \cdot 0,95 = 151762 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

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

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

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади;

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

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 750000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 315000 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 4500000 \cdot 0,05 = 22500 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 750000 \cdot 0,05 = 37500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 22500 + 37500 = 60000 \text{ руб.}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 315000 + 60000 = 375000 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{доп}} = 375000 - 151762 = 223238 \text{ руб.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,008 - 0,42}{1,008} \cdot 100\% = 58\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$П_T = \frac{100 \cdot 58}{100 - 58} = 138\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{3317,72 - 2008,96}{3317,72} \cdot 100\% = 40\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (2033,26 - 742,02) \cdot 4000 = 5164960 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{223238}{5164960} = 0,4$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\Gamma} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 5164960 - 0,33 \cdot 223238 = 5091291 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости ремонтной сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты:

уменьшить трудоемкость на 58 %, увеличить производительность труда на 138 %, уменьшить технологическую себестоимость на 40 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил приблизительно 5,16 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 5,09 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,4 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки металлических конструкций на примере рамы траншеекопателя. Базовая технология ремонтной сварки предусматривает заварку трещины с использованием ручной дугой сварки.

Анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций позволяет предположить, что устранение сформулированных недостатков возможно при применении импульсного управления сварочной дугой.

Сформулированы задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

1) обоснование замены способа ручной дуговой сварки на более эффективный; 2) повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой детали; 3) составление проектной технологии ремонтной сварки с применением предложенных ранее технических решений; 4) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений; 5) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 5,09 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Branco, C. M. A study on the rehabilitation of welded joints / C. M. Branco, V. Infanted, S. J. Maddox. – [1999]. – 29 p. – (Intern. Inst. of Welding; Doc. XIII-769).
- 2) Maccocaire, C. Repair welding: how to set up a shop / C. Maccocaire // Welding Journal – 1991. – № 8. – P. 54–56.
- 3) Donglin, Y. A study on cracks on the oxigas cut surfaces of weld grooves of 14MnMoVN steel plates during cold forming / Donglin Ye, Yongfu He, Rangez Zhang et al. // Transaction China Weld. Inst. – 1982. – № 4. – P. 159–164.
- 4) Ларионов, В. П. Электродуговая сварка конструкций в Северном исполнении / В. П. Ларионов. – Новосибирск: Наука. – 1986. – 168 с.
- 5) Волков, А. С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов / А. С. Волков // Сварочное производство. – 1974. – № 8. – С. 33–34.
- 6) Brink, S. H. Reparatielassen / S. h. Brink // Lastechniek. – 1989. – № 2. – P. 40–41, 43, 45, 47.
- 7) Recommendation on the repair of fatigue-loaded welded structures. – 1996. – 16 p. – (Intern. Inst. of Welding; Doc. XIII-1632).
- 8) Сергиенко, Ю. В. Совершенствование технологии ремонта железнодорожных рельсов с применением дуговой сварки / Ю. В. Сергиенко, Б. И. Носовский, В. В. Чигарев // Автоматическая сварка. – 1998. – № 3. – С. 46–48.
- 9) Ohta, A. Extension of fatigue life by additional welds using low transformation temperature welding material / A. Ohta, N. Suzuki, Y. Maeda. – 2001. – 8 p. – (Intern. Inst. of Welding; Doc. XIII-1881).
- 10) Miki, C. Repairing and reinforcing of fatigue damaged steel bridges / C. Miki // Intern. conf. on performance of dynamically loaded welded structures: 50-th Annual assembly conf., San-Francisco, July 14–15, 1997. – New York: Welding research coumunsil inc., 1997. – P. 286–298.

- 11) Dixter, R. J. Research on welding repair and improvement methods / R. J. Dixter, B. A. Kelly // Ibid. – P. 273–285.
- 12) Miki, C. Repair of fatigue cracks bridge structures / C. Miki, K. Anami, H. Kaji. –1997. – 14 p. – (Intern. Inst. of Welding; Doc. XIII WG -5-12).
- 13) Konishi, T. Fatigue assessment of repaired structural components / T. Konishi, C. Miki. –1998. – 24 p. – (Intern. Inst. Of Welding; Doc. XIII-1732).
- 14) Chapeau, W. Choix d'un mode reparation des fissures de fatigue dons constructions soudess / W. Chapeau // Rev. Soudure. – 1988. – № 3/4. – P. 31–35.
- 15) Lai, M. O. Fatigue perfomance of repaired pipelines steel weld / M. O. Lai, H. S. Fong // J. Mater. Sci. Let. – 1988. – № 12. – P. 1353–1354.
- 16) А. с. 448106 СССР. Защитная газовая смесь, МКИ В23К35/38 / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий [и др.] – Оpubл. 30.10.74; Бюл. № 40.
- 17) Позняков, В.Д. Микроструктурные особенности усталостной повреждаемости и способы повышения долговечности сварных соединений стали 09Г2С / В.Д. Позняков, В.А. Довженко, С.Б. Касаткин [и др.] // Автоматическая сварка. – 2012. – № 5. – С. 32–37.
- 18) Позняков, В.Д. Структура и хладостойкость сварных соединений стали 09Г2С после ремонтной сварки / В.Д. Позняков, С.Б. Касаткин, В.А. Довженко // Автоматическая сварка. – 2006. – № 9. – С. 46–52.
- 19) Сидорец, В.Н. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом / В.Н. Сидорец, А.М. Жерносеков, С.В. Рымар // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії . – 2016. – № 2 – С. 221–225.
- 20) Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.

- 21) Шлепаков, В.Н. Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением / В.Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 31–35.
- 22) Заруба, И.И. Усовершенствование трансформаторов для ручной дуговой сварки / И.И. Заруба, В.В. Андреев, В.В. Дыменко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 3. – С. 45–48.
- 23) Лебедев, В.А. Современные механизмы подачи электродной проволоки в аппаратах для механизированной сварки, наплавки и резки / В.А. Лебедев, С.И. Притула // Автоматическая сварка. – 2006. – № 4. – С. 53–56.
- 24) Левченко, О.Г. Экспериментальное и расчетное определение концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны при дуговой сварке покрытыми электродами / О.Г. Левченко А.О. Лукьяненко, Ю.О. Полукаров // Автоматическая сварка. – 2010. – № 1. – С. 31–34.
- 25) Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- 26) Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- 27) Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.