

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология восстановления дискатора ВДМ7х2»

Студент	<u>Д.С. Маршалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>В.И. Столбов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>Г.М. Короткова</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 2018

## АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день одним из главных факторов, напрямую влияющих на разрушение инженерных сооружений, машин, и их узлов является усталость используемых для наиболее нагруженных узлов или деталей конструкционных материалов. В первую очередь к таким узлам можно отнести сварные узлы, которые сочетают множество различных концентраторов напряжений. Учет аварий и разрушений, связанных в первую очередь с усталостью используемых для узлов и деталей материалов свидетельствует об их высоком количестве.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности ремонта сельскохозяйственной техники путём увеличения эффективности сварочных технологий за счёт применения технологии импульсного управления сварочной дугой.

В работе решены следующие задачи: 1) повысить эффективность механизированной ремонтной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения; 2) составить проектную технологию ремонтной сварки с применением предложенных ранее технических решений; 3) выполнить оценку безопасности и экологичности разрабатываемого технического объекта; 4) выполнить оценку экономической эффективности проектной технологии.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 58,3 %, повышению производительности труда на 140 %, снижению технологической себестоимости на 69%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 5,94 млн рублей.

Пояснительная записка состоит из 57 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ДИСКАТОРА	
1.1 Описание дискатора и дефектов, которые появляются в процессе его работы	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	9
1.3 Описание операций базовой технологии ремонтной сварки изделия	11
1.4 Анализ источников научно-технической информации по теме ремонтной сварки металлических конструкций	13
1.5 Обоснование выбора способа ремонтной сварки изделия	15
1.6 Постановка задач проектирования	19
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ДИСКАТОРА	
2.1 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах	20
2.2 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки	24
2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии	27
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	33
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	34
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	35

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	36
3.6 Заключение по экологическому разделу	37
<b>4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	38
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	40
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	41
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	43
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	48
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	48
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	51
4.8 Выводы по экономическому разделу	52
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	53
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	54

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одним из главных факторов, напрямую влияющих на разрушение инженерных сооружений, машин, и их узлов является усталость используемых для наиболее нагруженных узлов или деталей конструкционных материалов. В первую очередь к таким узлам можно отнести сварные узлы, которые сочетают множество различных концентраторов напряжений. Учет аварий и разрушений, связанных в первую очередь с усталостью используемых для узлов и деталей материалов свидетельствует об их высоком количестве. Изучение закономерностей возникновения и развития усталости, а также наработка и отработка приемов повышения долговечности конструкций с применением сварки являются актуальными задачами. Именно поэтому различного рода исследования, связанные с повышением ресурса работы и ремонта металлических конструкций представляют значимый интерес.

Сварочные процессы являются неотъемлемой частью большинства производственных процессов, например, в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Сварка с применением плавящегося электрода в средах защитных газов на сегодняшний день занимает ведущее место в обрабатывающей промышленности развитых стран Западной Европы, США, Японии, КНР среди различных дуговых процессов. Этот способ обладает высокой производительностью, обеспечивает качество сварных соединений, а также предоставляет возможность автоматизации процесса. Особое место среди дуговых процессов занимает импульсно-дуговая сварка (ИДС) плавящимся электродом. Она применяется при сварке большинства материалов, к примеру, углеродистых конструкционных сталей, алюминиевых сплавов, сплавов на основе меди [1, 2, 3]. Следует также отметить использование ИДС в новых комбинированных, двухдуговых технологиях, а также в гибридных лазерно-дуговых процессах [4...8].

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 [10, 11].

Таким образом, актуальной будет цель выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности ремонта сельскохозяйственной техники путём увеличения эффективности сварочных технологий за счёт применения технологии импульсного управления сварочной дугой.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ДИСКАТОРА

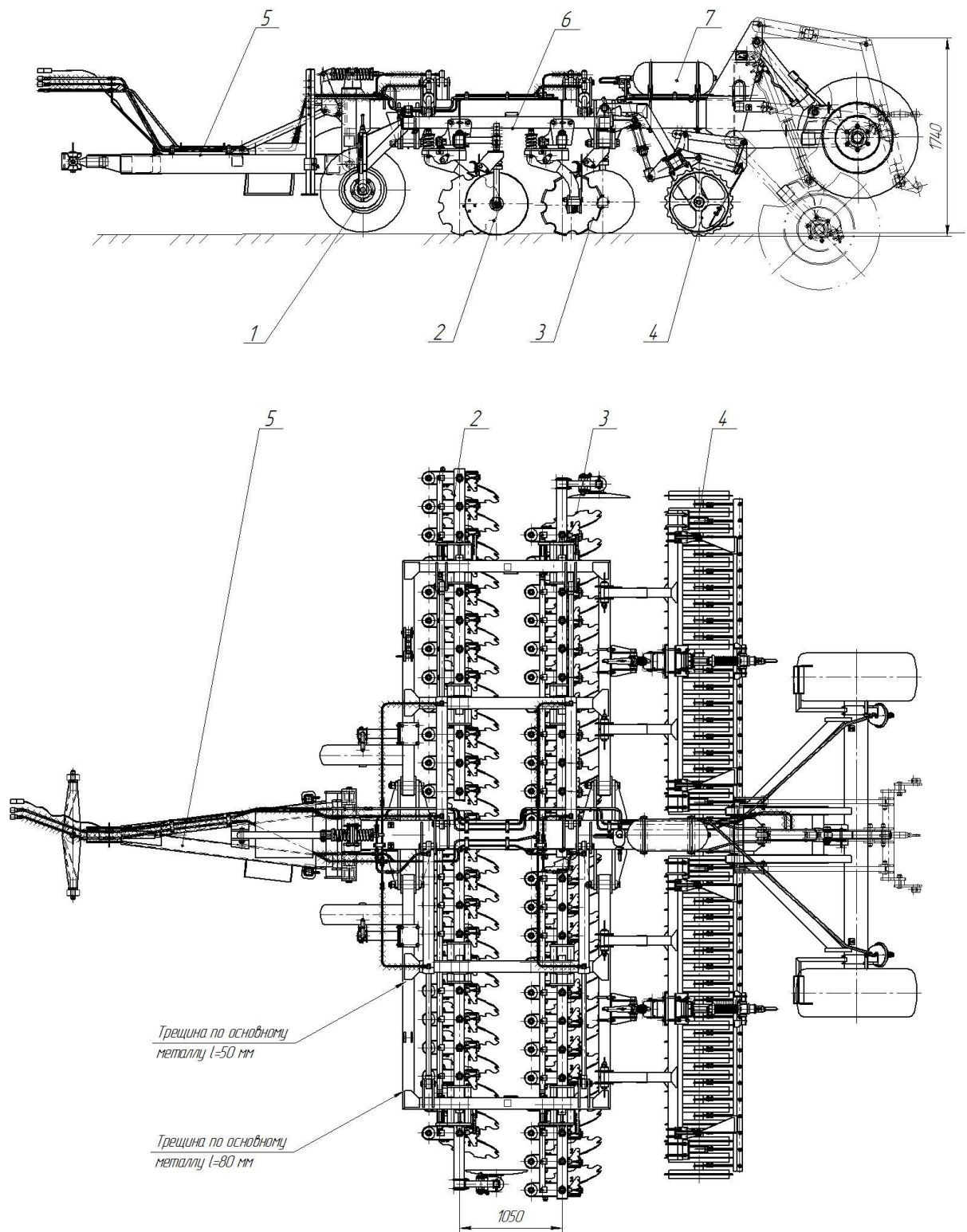
## 1.1 Описание дискатора и дефектов, которые появляются в процессе его работы

Дискатор БДМ 7х2 (рис. 1.1) выполняет работы по обработке почвы и измельчению заделке пожнивных остатков на глубину до 18 см. (предпосевная, послеуборочная, подъем залежных земель). На борону штатно устанавливаются высокопрочные испанские диски Беллота. За счет особенности конструкции бороны БДМ 7х2, она работает практически по любому агрофону. В том числе ее работа не зависит от влажности. Происходит сокращение количество операций по обработке почвы. Это в свою очередь экономит предприятию финансовые и материальные активы.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика дискатора БДМ 7х2

<b>Характеристика</b>	<b>Показатель</b>
Ширина захвата, м	7,2
Рабочая скорость, км/ч	12-18
Производительность за 1 час рабочего времени, га	8-10
Глубина обработки, см	до 17
Агрегатирование, мощность двигателя л.с.	200-270
Масса, кг.	4140
Количество режущих узлов, шт.	51

При работе дискатора в зоне сварных соединений его рамы возможно возникновение трещин (рис. 1.1).



1 – колесо; 2 – первая секция дисков; 3 – вторая секция дисков; 4 – каток;

5 – сница; 6 – рама; 7 - гидробак

Рисунок 1.1 – Дискатор в сборе



## 1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Изделие выполняется из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры  $-70...+425$  °С. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

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

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С

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

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

Сортамент	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

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

увеличивается соотношение остаточного аустенита, бейнита и особенно мартенсита, а также увеличивается их дисперсность.

Указанные закалочные структуры в небольшом количестве скажутся незначительно на механических свойствах зоны сварки, по причине расположения этих структур в ферритной основе равномерно и дезориентированно. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

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

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

### 1.3 Описание операций базовой технологии ремонтной сварки изделия

В первую очередь производится зачистка поверхности детали вдоль всей видимой части трещины на ширину порядка 20...25 мм с каждой стороны. Обязательным условием является выявление концов трещины. Одним из самых действенных способов является дефектоскопия с применением проникающих растворов, травления, магнитной дефектоскопии и др.

На обозначенных концах трещины высверливаются сквозные отверстия диаметром  $d = 1,5t$ , где  $t$  - толщина листа или профиля. Кернение и центр засверловки располагаются на расстоянии, которое равно половине диаметра сверла от видимого конца трещины.

Разделку кромок следует выполнить под сварные швы С17, С18 или С23 по ГОСТ 5264-80. При толщине листа 15 мм и более и фактическому наличию доступа к шву с двух сторон разделку необходимо выполнить под сварной шов С26 по ГОСТ 5264-80.

Зачистку поверхности шва следует выполнить заподлицо относительно основного металла. Расположение всех рисок, полученных в ходе шлифовки должно быть вдоль силового потока.

Для несквозных трещин в габаритных деталях скоа кромок должен быть равен глубине распространения трещины. В ходе подготовки сварочной канавки необходимо проводить контроль глубины трещины путем засверливания. При необходимости, следует выполнить дефектоскопию поверхности (цветные методы, травление и т. д.).

Неполная заварка трещин в виде участков с нарушенной сплошностью сечения в ремонтируемых конструкциях не допускается.

Для устранения значительного нагрева основного металла при накладке швов следует использовать несколько проходов.

Необходимо устранить с последующим контролем исправляемых участков все дефекты, выявленные в процессе ремонта сваркой. Методика

устранения дефектов должна обеспечивать требуемые показатели качества, надежности и безопасности дальнейшей работы.

При различных повреждениях общей площадью до 4 квадратных сантиметров следует выполнить подготовку дефектного участка под сварку с либо засверливанием, либо вырубкой зубилом. При наличии сквозных повреждений следует выполнить их заварку с обеих сторон. Не допускается наличие трещин, пор, шлаковых включений и подрезов.

В ходе разделки металла в крайнем нижнем положении глубина канавки не должна быть больше диаметра электрода больше чем на 2 мм ввиду невозможности удалить расплав металла из канавки при большой глубине разделки при повторных проходах.

Поры и подрезы в сварных швах не допускаются.

При ремонтной сварке необходимо использовать сварочный выпрямитель ВД-252.

Абсолютно все сварные швы вне зависимости от конечного применения других методов контроля необходимо осматривать для выявления внешних дефектов. Осмотр сварных швов следует выполнять на всей протяженности с двух сторон, кроме мест, которые недоступны для визуального осмотра. Трещины, подрезы, свищи, прожоги, натеки, не провары корня и кромок следует проверяться с использованием лупы при увеличении 4х или невооруженным глазом. Перед операцией контроля сварной шов и прилегающие к нему поверхности необходимо очистить от возможного шлака и других загрязнений, которые могут затруднить процедуру осмотра, на величину не менее 20 мм с обеих сторон шва.

Весь перечень выявленных при внешнем осмотре дефектов должен быть устранен перед проведением другого рода контроля.

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

В ходе выполнения курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований» был произведён поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций.

В первой работе [1] целью являлось исследование технологической и энергетической эффективности процесса импульсно-дуговой сварки. Для этого были решены следующие задачи: проанализированы тенденции совершенствования технологий ИДС и оборудования для реализации этого способа; исследованы закономерности процесса плавления электрода при сварке с применением плавящегося электрода в средах защитных газов; выявлены пути увеличения скорости его расплавления за счет применения импульсных воздействий; исследованы особенности применения импульсной дуги с плавящимся электродом и 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.

Во второй работе [2] приведены результаты исследований влияния циклического нагружения изгибом на сопротивляемость хрупкому разрушению металла ЗТВ, а также на накопления усталостных повреждений и изменения микроструктуры в стыковых и тавровых сварных соединениях стали 09Г2С. Показано, что при наличии острого концентратора напряжений и низких температур ( $-40$  °С и ниже) сопротивляемость хрупкому разрушению металла ЗТВ сварных соединений с усталостными повреждениями снижается. Результаты этой работы использованы при

выполнении анализа состояния вопроса и разработке элементов проектной технологии ремонтной сварки.

В третьей работе [13] проанализированы основные сварочно-технологические свойства защитных чистых газов и газовых смесей при сварке различных материалов плавящимся и неплавящимся электродом. Подчеркнуто, что знание свойств компонентов защитных газов позволяет сделать их рациональный выбор с точки зрения оптимизации процесса сварки, повышения показателей качества и служебных характеристик сварных изделий, улучшения условий труда и повышения его производительности, а также обеспечения экологической безопасности работ. На основании приведенных данных сделан вывод, что в ближайшем и более отдаленном будущем этот способ останется одним из ведущих технологических процессов соединения материалов.

Результаты этой работы будут применены при составлении проектной технологии сварки и анализе возможных способов сварки.

В четвёртой работе [14] выполнены исследования в области технологий и устройств, которые повышают эффективность сварки углекислом газе проволокой сплошного сечения за счёт применения импульсного питания дуги. Спроектировано и внедрено устройство, на которое получен патент, позволяющее дозировать энергию сварки, ограничивать ток короткого замыкания. Автором предложены технологические рекомендации, позволяющие осуществлять выбор оптимальных параметров режима сварки при импульсном управлении горением дуги. Данная работа показывает перспективность применения импульсного управления дугой. При составлении проектной технологии ремонтной сварки рассмотрим вариант импульсного управления сварочной дугой, что позволит существенно повысить качество и производительность процесса ремонтной сварки.

В пятой работе [15] в ходе экспериментов установлено, что интенсивная пластическая деформация поверхностного слоя сварного соединения и прилегающих к нему зон хорошо влияет на конечную

циклическую трещиностойкость конструкций. Методами структурного анализа и математического моделирования произведено изучение особенностей структурных преобразований, которые имеют место в процессе электродуговой сварки конструкций из стали 20, 09Г2С и 30ХГСА. Установлено, что для сварных швов и зон термического влияния характерны в большом количестве дефекты кристаллической структуры, определяющие поведение сварной конструкции при внешнем нагружении. Для устранения дефектов кристаллического строения, типичных для сварных швов, следует произвести интенсивную пластическую деформацию поверхностных слоев дефектной зоны и дополнительный нагрев деформированного материала.

В шестой работе [18] Рассмотрены современные разработки механизмов подачи электродной проволоки применительно к оборудованию для сварки, наплавки и резки сталей и сплавов алюминия, дана классификация их основных типов. Особый интерес для специалистов представляют механизмы, осуществляющие подачу электродной проволоки с управляемым нестационарным характером движения (прерывистая подача, модулированная и импульсная). Рассмотрены достоинства и недостатки некоторых оригинальных конструкций импульсных механизмов подачи электродной проволоки.

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

### 1.5 Обоснование выбора способа ремонтной сварки изделия

Для изготовления сварных конструкций из низколегированных сталей применение нашли следующие способы сварки плавлением [8, 9]:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;

- сварка под слоем флюса;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к трубам с рассматриваемой толщиной стенки 5 мм можно признать пригодными следующие способы сварки:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее осуществляем выбор способов сварки, анализируя протяжённость, конфигурацию и пространственное положение сварных швов. Дуговую сварку под флюсом трудно осуществить, из-за осыпания флюса с поверхности трубы и усиливающей накладки. Исходя из этого в качестве пригодных способов можно признать:

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

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, гарантированное качество защиты сварного соединения при условии равномерного процесса плавления металла электрода и материала обмазки; во-вторых, возможность внесения легирующих элементов в металл шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от



квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

Механизированная сварка с применением самозащитной порошковой проволоки сочетает в себе положительные свойства ручной дуговой сварки с применением штучных электродов (защита, легирование и раскисление расплавленного металла), а также механизированной сварки с применением проволок сплошного сечения в защитных газах (высокую производительность). Применение самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей аппаратуры, которая усложняет сварку или повышает ее трудоемкость (требуется проведение засыпки и уборки флюса и пр.).

К преимуществам механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками можно отнести также возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, которое особенно важно при проведении сварки с поперечными колебаниями. Также в числе преимуществ следует отметить возможность слежения за образованием шва. За счёт изменения состава шихты порошковой проволоки можно осуществлять воздействие на химический состав металла шва и изменять технологические характеристики сварочной дуги.

Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [18]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с

повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [19, 20], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Анализ литературных источников [21...25] указывает на доминирование дуговой сварки в средах защитных газов среди других способов сварки плавлением. Сохраняется тенденция замены различными механизированными способами ручной сварки штучными электродами.

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений [18]; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Неоспоримым преимуществом механизированной сварки в среде защитных газов является повышенная вязкость расплавленного металла. Этот факт позволяет выполнять сварку стыковых швов в пространстве и производить механизацию сварки в разных пространственных положениях неповоротных стыков.

Останавливаем выбор на механизированной сварке в среде углекислого газа, обеспечивающей высокую производительность и стабильность качества шва.

## 1.6 Постановка задач проектирования

Исходная технология ремонтной сварки основана на применении ручной дуговой сварки штучными электродами. Такая технология сварки обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены.

При выборе возможных способов ремонтной сварки нами были проанализированы ручная дуговая сварка с применением штучных электродов, механизированная сварка самозащитной проволокой и механизированной сварки в средах защитного газа проволокой сплошного сечения. На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа выбор сделан в пользу применить в проектной технологии механизированную сварку в среде защитных газов и применении проволоки сплошного сечения.

На основании анализа источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки металлических конструкций был сделан вывод о высокой эффективности импульсного управления сварочной дугой.

Таким образом, можно сформулировать задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели:

- 1) повысить эффективность механизированной ремонтной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения;
- 2) составить проектную технологию ремонтной сварки с применением предложенных ранее технических решений;
- 3) выполнить оценку безопасности и экологичности разрабатываемого технического объекта;
- 4) выполнить оценку экономической эффективности проектной технологии.

## 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ДИСКАТОРА

### 2.1 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

Дуговые способы сварки плавящимся электродом занимают ведущее место в промышленности передовых стран мира. Они являются основной научной базой для разработки новых перспективных сварочных технологий. Поскольку виды переноса металла электрода, во многом, определяют технологию сварки плавящимся электродом, важным остается воздействие на процесс посредством источника питания дуги как наиболее быстродействующего и эффективного аппаратного средства, позволяющего изменять параметры и форму тока сварки.

В последнее время все большее внимание уделяется дуговой механизированной сварке с импульсным воздействием на процесс за счет импульсов тока от специальных источников (импульсно-дуговой процесс) или применения импульсной подачи электродной проволоки. Эти воздействия дают определенные преимущества по сравнению со стационарными (невозмущенными) процессами.

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.

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.

Управление переносом электродного металла является одним из самых эффективных способов совершенствования дуговых механизированных процессов, который может быть реализован при использовании импульсного воздействия источника питания дуги и импульсной подачи электродной проволоки. Следует отметить, что применение управляемой импульсной подачи электродной проволоки, осуществляемое при помощи специальных механизмов, технически проще, чем с использованием импульсного источника питания дуги. Это позволяет значительно достигнуть значительного снижения показателей разбрызгивания электродного металла, расширения диапазонов толщин свариваемого металла, а также получить возможность влияния на формирование сварного шва, качество его металла и металла околошовной зоны. Основной задачей, которую необходимо решать при этом, является выбор механизма рациональной конструкции и с определенными техническими и технологическими возможностями.

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах эффективно применяется при сварке разнообразных металлов и сплавов, а также во многих комбинированных технологиях (рис. 2.1). Так, к примеру, использование способа сварки «Speed Pulse» позволяет в ходе единичного импульса производить сброс нескольких капель электродного металла. Фирма Fronius предложила процесс сварки CMT-Advanced-Pulse. При этом отделение капель может происходить как при коротком замыкании, так и при действии импульсов обратной полярности. При этом совмещаются два типа переноса электродного металла, а именно перенос с короткими замыканиями (CMT) и импульсно-дуговой процесс (Pulse). Фирма Fronius также предложила двухдуговой гибридный процесс CMT Twin, который соединяет преимущества процесса CMT и импульсного процесса. Развивается направление, связанное с ИДС, в ходе которого у базового тока дуги изменяется полярность (MAG AC), и таким образом, происходит снижение величины тепловложения и устранение магнитного «дутья». ИДС развилась для технологических процессов Time Twin, Pulse MIG/MAG-Laser

и Time Twin-Pulse MIG/MAG-Laser, где применяют две импульсные дуги, импульсную дугу и лазер, три импульсные дуги и лазер.

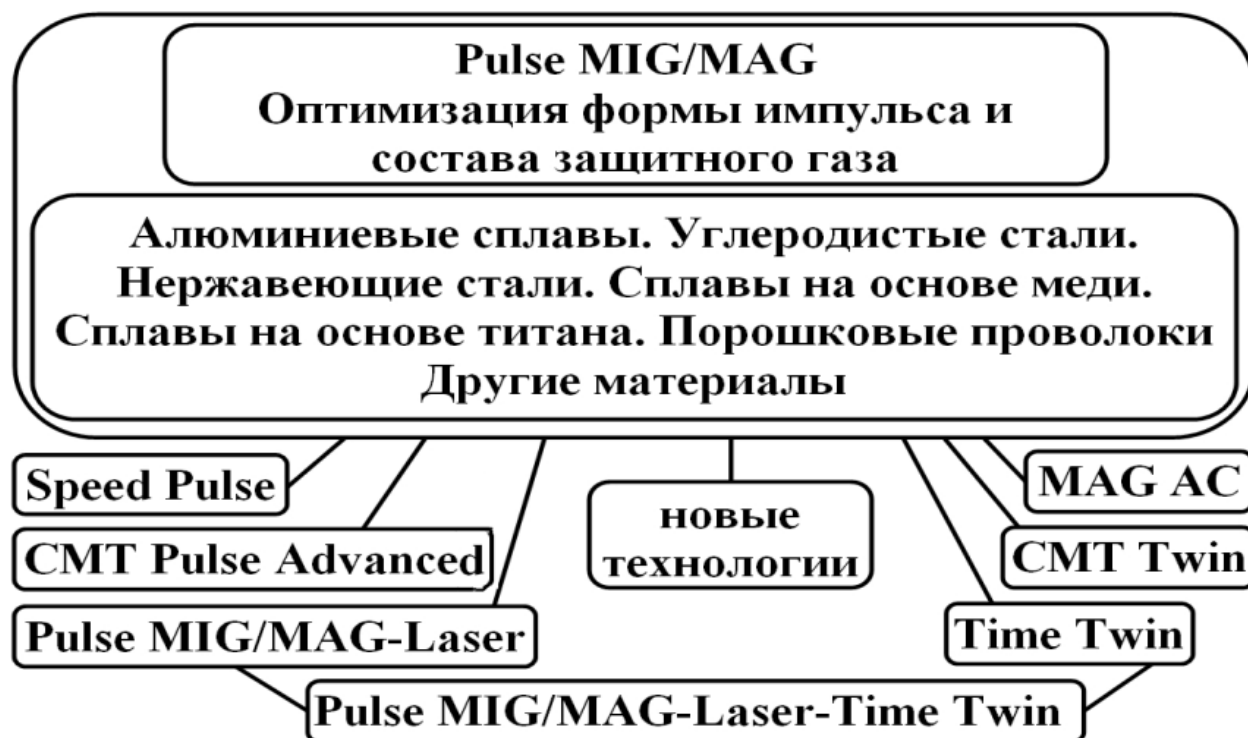


Рисунок 2.1 - Развитие процесса импульсно-дуговой сварки

Исходя из вышесказанного, разработку современных видов электросварочного оборудования, реализующего различный перенос металла электрода, следует выполнять с использованием импульсно-дуговых процессов сварки.

Созданная расчетно-аналитическая методика определения коэффициента расплавления электрода при дуговой сварке [1] позволяет определять закономерности его изменения в зависимости от сварочного тока, его вида и полярности, от температуры капли электродного металла, а также учитывает испарение с поверхности капли и подогрев электрода. С ее помощью было показано, что при дуговой сварке значительно возрастает эффективность плавления электрода на режимах с малым испарением металла. Такие режимы осуществимы в широком диапазоне токов только при импульсно-дуговой сварке, что повышает энергетическую и экономическую эффективность сварочного процесса. Коэффициент расплавления при

обратной полярности для импульсно-дуговой сварки углеродистых сталей в 1,75 раза при малых токах и в 1,5 раза при больших токах больше, чем коэффициент расплавления для сварки на постоянном токе (рис. 2.2).

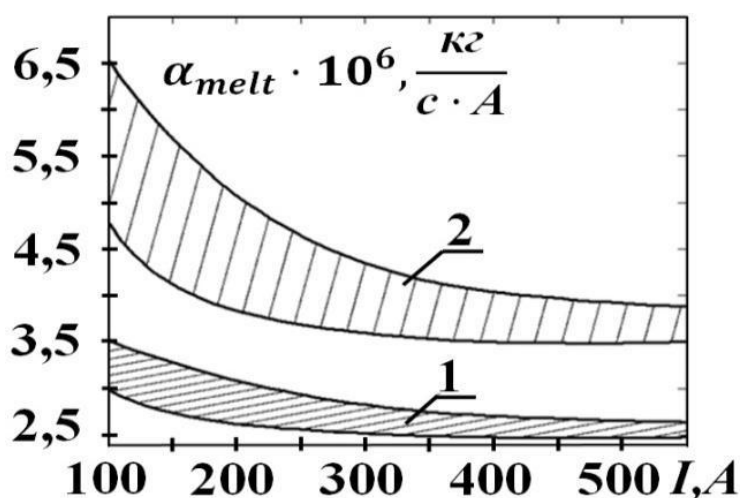


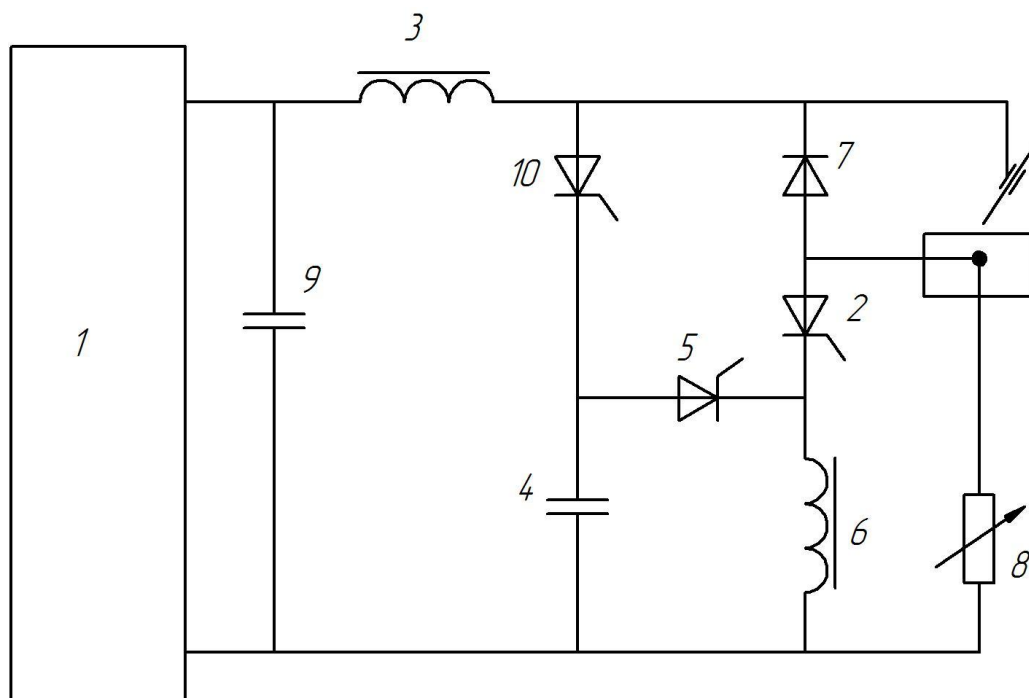
Рисунок 2.2 – Зависимость коэффициента расплавления  $\alpha_{melt}$  для сварки на обратной полярности на постоянном токе (1) и для импульсно-дуговой сварки (2)

Наибольшим коэффициентом полезного действия и наилучшими технологическими параметрами (коэффициентом расплавления и массовой скоростью плавления) характеризуются интенсивные процессы сварки с большими плотностями тока в электроде.

Предлагаемый вариант устройства [12] для импульсной сварки (рис. 2.3) включает в себя источник 1 постоянного тока, силовой тиристор 2, а также сглаживающий дроссель 3. Последние присоединены по последовательной схеме подключения в сварочную цепь через коммутирующий конденсатор 4, который подключен через вспомогательный тиристор 5 по параллельной схеме к коммутирующему дросселю 6, диодом 7, секционированным резистором 8, фильтрующим конденсатором 9, подключенным по параллельной схеме к источнику 1 питания. Следует отметить, что подключение коммутирующего конденсатора 4 через

сглаживающий дроссель 3 и тиристор 10 выполнено параллельно фильтрующему конденсатору 9.

При проведении процесса сварки к моменту начала короткого замыкания выполняется переход тиристора 2 в открытое положение. В цепи, состоящей из источника 1, дросселя 3, сварочной дуги, тиристора 2 и дросселя 6, возникает ток короткого замыкания. При увеличении перемычки до критических размеров выполняется переход тиристора 10 в открытое положение. В цепи из источника 1, дросселя 3, тиристора 10, конденсатора 4, возникает ток зарядки, который призван осуществить заряд конденсатора 4 до напряжения, превышающее напряжение источника 1.



1 - источник постоянного тока, 2 - силовой тиристор, 3 - сглаживающий дроссель, 4 - коммутирующий конденсатор, 5 - вспомогательный тиристор, 6 - коммутирующий дроссель, 7 - диод, 8 - секционированный резистор, 9 - фильтрующий конденсатор, 10 - тиристор

Рисунок 2.3 – Устройство для импульсной сварки

После зарядки конденсатора 4, к тиристору 10 прикладывают обратное напряжение, которое приводит к включению тиристора 10. Во временной



промежуток, когда тиристор 10 в открытом положении, в сварочной цепи происходит ступенчатое уменьшение тока сварки, которое приводит к уменьшению взрывной энергии переключки металла электрода и стабилизации при переходе капль расплавленного металла электрода в ванну расплава.

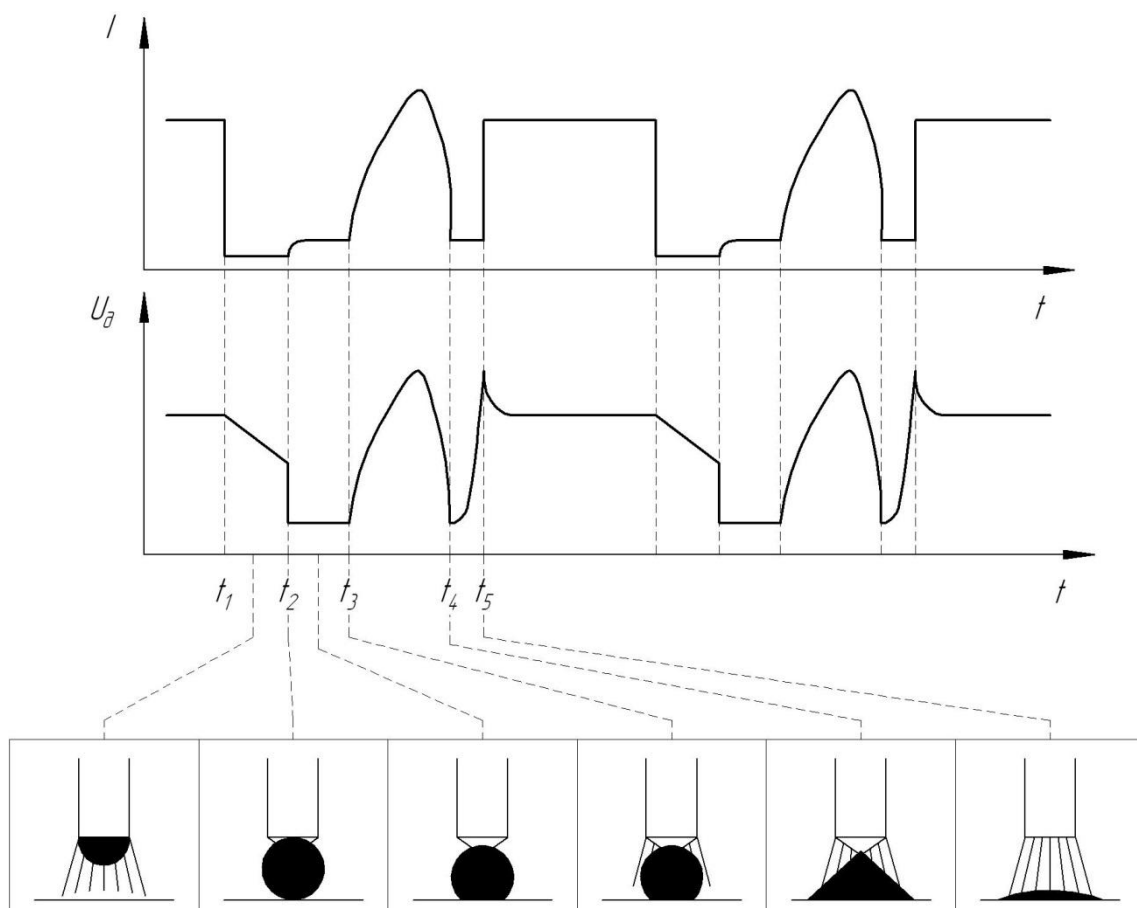


Рисунок 2.4 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

## 2.2 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки

### Подготовка к сварке

Предварительную разделку для несквозных трещин необходимо производить на всей глубине до целого металла. Величина разделки должна быть примерно на 15...20 мм больше обзримых границ трещины. При выполнении разделки сквозных трещин следует засверливать ее концы

сверлами с диаметром 8...12 мм и раззенковывать на величину  $\frac{1}{2}...1/3$  толщины металла.

Возможно определение границ трещин нагревом газовой горелкой рассматриваемого участка до температур 100...150 °С. Далее необходимо наметить керном расположение трещины для дальнейшей ее разделки. Операцию разделки выполняют с плавным выходом на поверхность на 50 мм дальше конца трещины. При операции разделки кромок используем плазменную резку. Размеры подготовленных кромок ремонтируемых и свариваемых новых деталей, а также их конструктивные элементы должны соответствовать ГОСТ 14771—78 (рис. 2.5).

В тех местах поверхности, которые необходимо сварить, после выполнения разделки трещин и проведения операции подготовки кромок необходимо выполнить до характерного металлического отблеска на расстоянии не менее 20 мм обязательную зачистку основного металла с обеих сторон от границы разделанных до этого кромок.

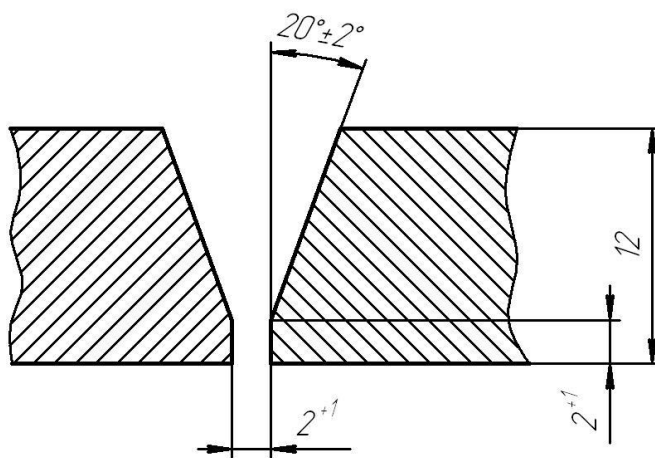


Рисунок 2.5 – Разделка кромок по ГОСТ 14771—78 (С17)

#### Сварка

Для операции сварки будем применять углекислый газ высшего или первого сорта (ГОСТ 8050—85). Окраска баллонов с углекислым газом выполнена в черный цвет. Баллоны имеют надпись желтого цвета "Углекислота" или "СО<sub>2</sub> сварочный". Расход используемого газа при операции сварки составит 1,0...1,4 м<sup>3</sup>/ч.

Для обеспечения необходимой защиты металла от сварочных брызг, которые непосредственно возникают при сварке будем использовать концентрат лигносульфоната марки ЛСТ по ТУ 13-0281036-05-89 жидкого состояния или другие средства для обеспечения необходимой защиты с похожими свойствами, напрямую не влияющих на качество сварки. Лигносульфонат технический разбавляем в теплой воде с рабочей температурой порядка 50...60 °С в пропорции 1:4 по массовой доле или 1:5 по объемной доле. Полученная жидкость наносится на свариваемую поверхность тонкими слоями на длине 100...150 мм с каждой из сторон сварного соединения за 1...2 часа до выполнения сварки. Детали под сварку необходимо очистить от масел, эмульсии и других жировых веществ.

Сварку необходимо выполнять с использованием постоянного тока прямой полярности, при диаметре проволоки 1,4 мм, вылете электрода 13...20 мм, сварочном токе 200...250 А. Сварку выполнять «углом назад».

Для операции сварки следует использовать полуавтомат ПДГ-525.

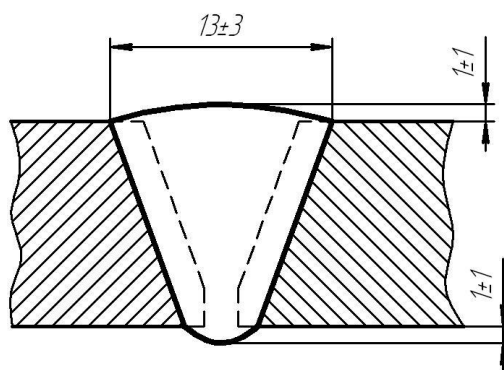


Рисунок 2.6 – Геометрия сварного шва

#### Контроль качества

Виды работ по контролю соединения и их объем:

- Проведение визуального контроля и измерений (100 %);
- Проведение испытания керосином сварного соединения (100 %);
- Проведение ультразвукового контроля (100 %)

В получаемых сварных швах не допускаются трещины всех видов и направлений, расположенные в сварных соединениях и околошовной зоне, а также микротрещины.

Для сварных швов не допускается:

- непровар корня шва для соединений длиной больше 15 % от толщины основного металла, при этом толщина свариваемого металла не должна превышать 20 мм, и больше 3 мм, в случае если толщина свариваемого металла больше 20 мм;
- отдельные шлаковые включения или поры, либо их скопления по глубине шва более чем 10 % , при толщине свариваемого металла до 20 мм и более 3 мм, в случае толщины свариваемого металла больше 20 мм;
- шлаковые включения, которые расположены в виде цепочки или сплошной линии вдоль и суммарной их длине, превышающей 200 мм на 1 м сварного соединения;
- скопление газовых пор в отдельных зонах сварного шва в количестве более 5 на 1 квадратный сантиметр площади шва;
- суммарное значение непровара, шлака и пор, расположенных отдельно или цепочками, в рассматриваемом на этапе контроля сечении при односторонней сварке без подкладок, которое превышает 15 % , либо 3 мм;
- различного рода подрезы и наплывы.

### 2.3 Оборудование для осуществления проектной технологии

Плазменную строжку выполняем при применении аппарата воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND (рис. 2.7). Операцию сварки проводим с применением выпрямителя ВДУ-506 (рис. 2.8). Подачу сварочной проволоки выполняем полуавтоматом ПДГ-525 (рис. 2.9).



Рисунок 2.7 - Аппарат Powermax 125 HAND



Рисунок 2.8 - Выпрямитель ВДУ-506



Рисунок 2.9 – Полуавтомат ПДГ-525

Таблица 2.1 – Технические характеристики аппарата воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

Толщины резки:	
Рекомендуемые	38 мм
Максимальные	44 мм
Предельные	57 мм
Напряжение сети ( $\pm 10\%$ ) при 50/60 Гц	400 В
Диапазон тока резки	30-125 А
Ток резки при 10 мин/40°C 100% ПВ	125 А
Потребляемая мощность при ПВ 100%	30 кВт
Максимальное напряжение холостого хода	305 В
Номинальное выходное напряжение	175 В
Класс защиты	IP 23
Габариты (Д/Ш/В)	592x274x508 мм
Масса с плазматроном	48,9 кг
Расход воздуха при 5,9 бар	260 л/мин

Таблица 2.2 – Технические характеристики выпрямителя дуговой сварки ВДУ-506

Напряжение питания, В	3x380
Номинальная потребляемая мощность, кВА	34
Частота питания сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, ПН, %)	500 (60)
Предел регулировки тока сварки, А	60...500 50...500
Рабочее напряжение, В: - жесткие характеристики - падающие характеристики	18...50 22...46
Напряжение холостого хода, не больше, В	85
Диаметр штучных электродов, мм	2...6
Потребляемая мощность, кВА, не больше	34
Масса, не больше, кг	290
Габариты (ДхШхВ), мм	830x420x1080

Таблица 2.3 – Технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-525

Номинальное напряжение питания (при частоте 50 Гц)	В	220, 380 В
Род тока сварки		постоянный
Номинальный ток сварки (при ПВ=60%)	А	500 А
Режимы работы		повторно-кратковрем.
Длительности цикла	мин	до 5 мин
Диаметры электродной проволоки	мм	1,2...2,0 мм
Скорости подачи проволоки	м/ч	960±75 м/ч
Расход защитного газа	л/ч	1200±500

## 3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 3.1 Технологическая характеристика объекта

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

В проектной технологии предлагается использовать механизированную сварку с защитных газом с импульсной подачей проволоки вместо ручной дуговой сварки штучными электродами. Как показывает практика, применение импульсных источников питания позволяет улучшить санитарно-гигиенические характеристики дуговой сварки, так как они позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [26, 27, 28]. 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 [29, 30].

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.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Зачистка трещины от грязи и краски	Слесарь-сборщик	1. Машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230 2. Дрель электрическая 3. Щётка металлическая	СОЖ, абразивный круг
2. Разделка кромок	Слесарь-сборщик	1. Аппарат плазменной строжки Powermax 125 2. Щётка металлическая	Воздух сжатый
3. Заполнение разделки	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1. Выпрямитель ВДУ-506 2. Полуавтомат ПДГ-525 3. Формирователь импульсов	Сварочная проволока,
4. Проведение контроля качества ремонтной сварки	Дефектоскопист ультразвукового контроля	Аппарат ультразвукового контроля	Масло



### 3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 – Профессиональные риски, сопровождающие реализацию проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Зачистка трещины от грязи и краски	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин ;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Машинка угловая шлифовальная МШУ-1-6-230</li> <li>2. Дрель электрическая</li> <li>3. Щётка металлическая</li> </ul>
2. Разделка кромок	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин ;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Аппарат плазменной строжки Powermax 125</li> <li>2. Щётка металлическая</li> </ul>
3. Заполнение разделки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Выпрямитель ВДУ-506</li> <li>2. Полуавтомат ПДГ-525</li> <li>3. Формирователь импульсов</li> </ul>
4. Проведение контроля качества ремонтной сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн;</li> </ul>	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 предупреждающие 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 уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	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 УФ излучения в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	-

### 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 пожаре

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 токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка 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 соединений	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околосшовной 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 ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

### 4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки сельскохозяйственной техники. 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 механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде  $\text{CO}_2$  с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м <sup>2</sup>	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт-з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	14000	27400
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	10	40
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	4,2	4,2
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t <sub>МАШ</sub>	час	0,833	0,347

#### 4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где  $T_{cm}$  – принятая продолжительность смены;

$D_p$  – общее количество рабочих дней в году;

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



$T_{\Pi}$  – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни  
в часах;

$C$  – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где  $B$  – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

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

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

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{Г.баз.} = 4108/1,008 = 4000 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/0,420 = 10000 \text{ дефектов за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем  $П_{Г} = 4000$  дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

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

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

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

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{ДАН \times \lambda} = \frac{1,008 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,95$$

$$n_{ДАН \times i \delta} = \frac{0,42 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,40$$

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:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

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

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

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$Kзб = 0,95/1 = 0,95$$

$$Kзп = 0,40/1 = 0,40$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

где  $Ц_m$  – 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.

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

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

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:

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

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

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:

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

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

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 379 + 45 = 424 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 158 + 19 = 177 \text{ рублей.}$$

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

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

где  $K_{\text{сн}}$  – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 424 \cdot 34 / 100 = 144 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 177 \cdot 34 / 100 = 60 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

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

$N_{\text{а}}$  – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\dot{a}} \cdot \dot{a} = \frac{14000 \cdot 21,1 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 7,2 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{\dot{a}} \cdot \dot{\delta} = \frac{27400 \cdot 21,1 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 5,9 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$\dot{D}_{\dot{y}-\dot{y}} \cdot \dot{a} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,616 \cdot 1,75}{0,8} \times 1,3 = 21,2 \text{ рублей}$$

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}} \dot{\delta} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,390 \cdot 1,75}{0,8} = 10,4 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{об}_{\text{баз.}}} = 7,2 + 21,2 = 28,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об}_{\text{проектн.}}} = 5,9 + 10,4 = 16,3 \text{ руб.}$$

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

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

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:

$$D_{\dot{I} \dot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108} = 9,8$$

$$D_{\dot{I} \dot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108} = 4,1$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

$C_{\text{пл}}$  – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

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

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

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

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

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сч}} + Z_{\text{Об}} + Z_{\text{Пл}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 424 + 144 + 28,4 + 17,1 = 1025 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55 + 177 + 60 + 5,79 + 4,40 = 316 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1025 + 1,5 \cdot 379 = 1025 + 569 = 1595 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 316 + 1,5 \cdot 158 = 316 + 237 = 553 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1595 + 2,15 \cdot 379 = 569,6 + 815 = 2410 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 553 + 2,15 \cdot 158 = 553 + 340 = 893 \text{ руб.}$$

#### 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 <sub>сн</sub>	144	60
4	Затраты на оборудование	Зоб	28,4	16,3
5	Расходы на площади	Зпл	17,1	7,3
	Себестоимость технологич.	Стех	1025	316
6	Расходы цеховые	Рцех	569	237
	Себестоимость цеховая	Сцех	1595	553
7	Расходы заводские	Рзав	815	340
	Себестоимость заводская	С <sub>зав</sub>	2410	893

#### 4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

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

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

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

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

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



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

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

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

$N_{\text{А}}$  – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

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

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 14000 - (14000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 4970 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 4970 \cdot 0,3 = 1491 \text{ рублей}$$

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.

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

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 27400 \cdot 1,05 \cdot 0,15 = 4252 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 14000 \cdot 0,05 = 700 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 27400 \cdot 0,05 = 1350 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 700 + 1350 = 2050 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 4252 + 2050 = 6302 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 6302 - 1491 = 4811 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{удБаз.}} = 1491/4000 = 0,3 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 6302/4000 = 1,3 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,008 - 0,42}{1,008} \cdot 100\% = 58,3\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 58,3}{100 - 58,3} = 140\%$$

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:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{дд}} = \frac{1025 - 316}{1025} \cdot 100\% = 69\%$$

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

$$Э_{\text{у.г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot P_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$Э_{\text{у.г.}} = (2410 - 893) \cdot 4000 = 6068000 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{OK} = \frac{K_{ДОП}}{\dot{\mathcal{E}}_{УГ}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$\dot{\mathcal{O}}_{i\dot{\mathcal{E}}} = \frac{400000}{6068000} = 0,07$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{УГ} - E_n \cdot K_{ДОП} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_Г = 6\,068\,000 - 0,33 \cdot 400000 = 5936000 \text{ руб.}$$

#### 4.8 Выводы по экономическому разделу

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

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 58,3 %, увеличение производительности труда на 140 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 69 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 6,07 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 5,94 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,07 года.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение качества и производительности ремонта сельскохозяйственной техники путём увеличения эффективности сварочных технологий за счёт применения технологии импульсного управления сварочной дугой.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки сельскохозяйственной техники. 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 механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде  $\text{CO}_2$  с импульсным управлением сварочной дугой.

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

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 58,3 %, повышению производительности труда на 140 %, снижению технологической себестоимости на 69%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 5,94 млн рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] 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.
- [2] Жерносеков, А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.
- [3] Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов с регулируемой формой импульсов / Т.М. Лабур, А.М. Жерносеков, М.Р. Яворская, М.П. Пашуля // Сварочное производство. – 2013. – № 11. – С. 3–7.
- [4] МИГ/МАГ сварка тандемом / С. Геке, Й. Хедергард, М. Лундин, Г. Кауфманн // Сварочное производство. – 2002. – № 4. – С. 30–35.
- [5] Рекламная информация фирмы Fronius: СМТ ADVANCE: специалист по сварке тонкого металла // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 67–68.
- [6] Ках П. Особенности применения гибридной лазерно-дуговой сварки (Обзор) / П. Ках, А.Салминен, Дж. Мартикаинен // Автоматическая сварка. – 2010. – № 6. – С. 38–47.
- [7] Кайтель С. Технологии гибридной лазерно-дуговой сварки кольцевых швов на магистральных трубопроводах / С. Кайтель, Я. Нойберт // Автоматическая сварка. – 2014. – № 4. – С. 37–43.
- [8] Жерносеков А.М. Импульсная лазерно-дуговая сварка углеродистых сталей / А.М. Жерносеков, В.Ю. Хаскин, Т.Н. Набок // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/1(71). – С. 12–16.
- [9] 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.

- [10] Ларионов, В.П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении. – Новосибирск: Наука, 1986. – 168 с.
- [11] Волков, А.С. Причины появления дефектов вблизи исправленных участков сварных швов // Сварочное производство. – 1974. – № 8. – С. 33–34.
- [12] Патент СССР 1064555 Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка
- [13] Патон, Б.Е. Применение защитных газов в варочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 17–24.
- [14] Верёвкин, А.В. Повышение эффективности сварки в СО<sub>2</sub> неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Барнаул: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2010.
- [15] Корниенко, Е.В. Повышение конструктивной прочности сварных соединений путем интенсивной пластической деформации поверхностных слоев швов и зон термического влияния: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. – 2009.
- [16] Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
- [17] Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
- [18] 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.
- [19] Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография /

- А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
- [20] Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.
- [21] Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
- [22] Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
- [23] Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
- [24] Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
- [25] Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
- [26] 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.
- [27] Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO<sub>2</sub> модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
- [28] Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
- [29] 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.
- [30] James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.



- [31] Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- [32] Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
- [33] 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.