

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ

Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА</b>

УДК 621.791.75.01-049.8:621.879.064(211-17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ерохин Александр Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	—		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Ерохину Александру Андреевичу

Тема работы:

**ПРИМЕНЕНИЕ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ КОВШЕЙ  
 ЭКСКАВАТОРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

21.05.2018 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эскиз изношенного зуба ковша экскаватора.</li> <li>2. Нормативно-техническая документация по требованиям к ремонту сварных конструкций, работающих в условиях Крайнего Севера.</li> </ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор научно-технической информации по методам ремонта ковшей экскаваторов.</li> <li>2. Разработка технологического процесса наплавки ковша.</li> <li>3. Контроль качества наплавленного слоя.</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механические свойства и химический состав основного и наплавочных материалов.</li> <li>2. Параметры режимов наплавки</li> <li>3. Карта эскизов ремонтной конструкции.</li> <li>4. Маршрутная и/или операционная карты технологического процесса наплавки.</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Обзор научно-технической информации по методам ремонта ковшей экскаваторов.	Хайдарова Анна Александровна
Разработка технологического процесса наплавки ковша.	Хайдарова Анна Александровна
Контроль качества наплавленного слоя.	Хайдарова Анна Александровна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	23.04.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ерохин Александр Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Ерохину Александру Андреевичу.

Школа	ИНКШБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Анализ информации предоставленной в российских и зарубежных источниках и публикациях, нормативно-правовых документах.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений, SWOT анализ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет бюджета научно-технического исследования; материальных затрат НИИ; основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

**Перечень графического материала:**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. Бюджет НИ	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. пред.	Николаенко В.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ерохин Александр Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1В41	Ерохину Александру Андреевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В работе рассматривается применение дуговой сварки при ремонте ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера. Основным рабочим местом при производстве работ является открытый воздух. Работы производятся в дневное время суток.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Производственная безопасность</b>  1.1. Анализ выявленных вредных факторов и мероприятия по их устранению  1.2. Анализ выявленных опасных факторов и мероприятия по их устранению</p>	<p>Вредные:  1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;  2. Пониженная температура воздуха рабочей зоны;  3. Повышенный уровень шума на рабочем месте;  4. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.  Опасные:  1. Подвижные части производственного оборудования;  2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b>  2.1 Защита селитебной зоны  2.2 Защита атмосферы;  2.3 Защита гидросферы;  2.4 Защита литосферы.</p>	<p>Загрязнение атмосферного воздуха сварочным аэрозолем.  Загрязнение сточных вод частицами пыли, металлическими и абразивными частицами.  Отходы, образующиеся при сварочных работах: сварочный шлак, остатки и огарки сварочных электродов, флюсы, остатки стальной проволоки, продукты разложения карбида кальция. Сбор отходов.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p>	<p>Наиболее вероятным видом ЧС при сварочных работах являются пожар на рабочем месте.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>  4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства  4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работников, которые трудятся в условиях Крайнего Севера</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И. Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ерохин Александр Андреевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 58 страниц, 3 рисунка, 21 таблица, 29 источников.

Ключевые слова: ручная дуговая наплавка, плавящийся электрод, ковш экскаватора, Крайний Север, зубья ковша, высокомарганцевая сталь, 110Г13Л.

Объектом исследования является: процесс восстановительной наплавки изношенного зуба ковша экскаватора.

Цель работы – разработка технологии ремонта ковшей экскаваторов ручной дуговой наплавкой в условиях Крайнего Севера.

В процессе исследования установлена основная причина выхода их из строя зубьев ковшей, описаны свойства стали 110Г13Л, отражены причины плохой свариваемости стали и меры по снижению сварочных деформаций, подобран оптимальный способ наплавки, сварочное оборудование и наплавочные материалы для работы в условиях низких температур, рассчитаны параметры режима наплавки.

В результате исследования разработана технология ремонта ковшей экскаваторов ручной дуговой наплавкой покрытыми электродами в условиях Крайнего Севера.

Область применения: разработанная технология ремонта ковшей может применяться на добывающих предприятиях в районах Крайнего Севера.

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Наплавка – создание сваркой слоя металла на детали для получения желаемых свойств или размеров.

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместным действием того и другого.

Коэффициент наплавки – коэффициент, выраженный отношением массы металла, наплавленной за единицу времени горения дуги, отнесенной к единице сварочного тока.

Крайний Север – часть территории России, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного Круга.

Неразрушающий контроль – контроль надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа.

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности.

ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия.

ГОСТ 10051-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

ГОСТ 33258-2015 Арматура трубопроводная. Наплавка и контроль качества наплавленных поверхностей. Технические требования

РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

## Оглавление

Введение.....	12
1 Описание конструкции.....	13
1.1 Общая характеристика и конструктивное исполнение.....	13
1.2 Условия эксплуатации.....	16
1.3 Химический состав и свойства конструкционных материалов.....	17
1.4 Оценка свариваемости.....	18
2 Разработка технологии ремонта.....	19
2.1 Выбор способа наплавки.....	19
2.2 Наплавочные материалы и оборудование.....	19
2.3 Подготовка поверхности.....	20
2.4 Расчет параметров режима наплавки.....	21
2.5 Подготовка наплавочных материалов.....	22
2.6 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений.....	23
2.7 Технология наплавки.....	24
2.8 Термическая обработка.....	25
3 Контроль качества сварных соединений.....	26
3.1 Визуальный и измерительный контроль качества.....	27
3.2 Капиллярный контроль.....	28
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	29
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	29
4.2 SWOT анализ.....	31
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	35
5 Социальная ответственность.....	40
5.1 Производственная безопасность.....	40
5.2 Экологическая безопасность.....	46
5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	47

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	48
Заключение.....	50
Список литературы.....	51
Приложение А. Комплект технологической документации ФЮРА.01190.065.....	54
Диск CD-RW.....	в конверте на обороте обложки
Презентация ФЮРА.478190.065.....	Файл Ерохин.pptx
Пояснительная записка ФЮРА.478190.065.....	Файл Ерохин.docx

## Введение

Важным фактором поддержания работоспособности и повышения эффективности использования экскаваторов в условиях Крайнего Севера является качественный и своевременный ремонт. Особо сложны вопросы восстановления рабочих органов машин, ремонт которых ввиду громоздкости и большой металлоемкости, как правило, производится в полевых условиях, в том числе и при низких отрицательных температурах. Одним из основных видов ремонтных работ является наплавка изношенных поверхностей зубьев ковшей, от качества выполнения которой зависит работоспособность рабочих органов экскаваторов.

В условиях Крайнего Севера наплавка связана с определенными трудностями. В условиях низких отрицательных температур увеличивается скорость остывания металла сварочной ванны и околошовной зоны; создаются неблагоприятные условия для увлажнения как зоны шва, так и зоны термического влияния; увеличивается опасность водородного охрупчивания и появления дефектов шва, ухудшается работа сварочной аппаратуры, оказывая неблагоприятное физиологическое воздействие на обслуживающий персонал.

Для уменьшения влияния на качество наплавки перечисленных неблагоприятных факторов необходимо выполнение ряда условий, среди которых: правильный выбор способа и технологии наплавки, марок электродов, предварительного подогрева конструкции и оптимальной скорости отвода тепла.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологии ремонта ковшей экскаваторов ручной дуговой наплавкой в условиях Крайнего Севера.

## 1 Описание конструкции

### 1.1 Общая характеристика и конструктивное исполнение

Ковш – основной рабочий орган экскаватора. Предназначен для копания, удерживания при перемещении и разгрузки грунта или другого материала.

В зависимости от назначения экскаваторы оборудуются различными видами ковшей. Наиболее распространенными являются: обратная лопата, прямая лопата, грейфер. В литературе [1, 2] приведены следующие описания.

Обратная лопата служит для разработки грунта, расположенного ниже опорной поверхности экскаватора. Ковш обратной лопаты состоит из корпуса с не открывающимся днищем. Количество зубьев на передней стенке зависит от вида работ и ширины ковша. Зубья крепятся шплинтами или болтами. Зачастую ковш – это комбинированная конструкция, состоящая из литых и сварных деталей. Ковш обратной лопаты экскаватора ЭО-3322А (рисунок 1) состоит из задней стенки 8, двух боковых стенок 4, передней стенки с козырьком 2, зубьев 1 и 3. Все детали корпуса ковша соединены между собой сваркой. Задняя стенка 8 скруглена, чтобы избежать трения о грунт при повороте ковша. Зубья 1 заканчиваются суживающимся хвостовиком, который входит в гнездо козырька 2. От выпадения из гнезда зуб удерживается клином 9. При такой конструкции замена изношенного зуба не вызывает затруднений. Боковые зубья 3 крепят к корпусу ковша заклепками. Обычно зубья изготавливают литыми из высокомарганцевой стали, хорошо противостоящей истиранию, штампованными (с закалкой) или из низкоуглеродистой стали с износостойкой наплавкой. С помощью проушины 6 ковш соединяют с рукоятью, а проушиной 7 – с рычагом, приводимым в действие гидроцилиндром поворота ковша.

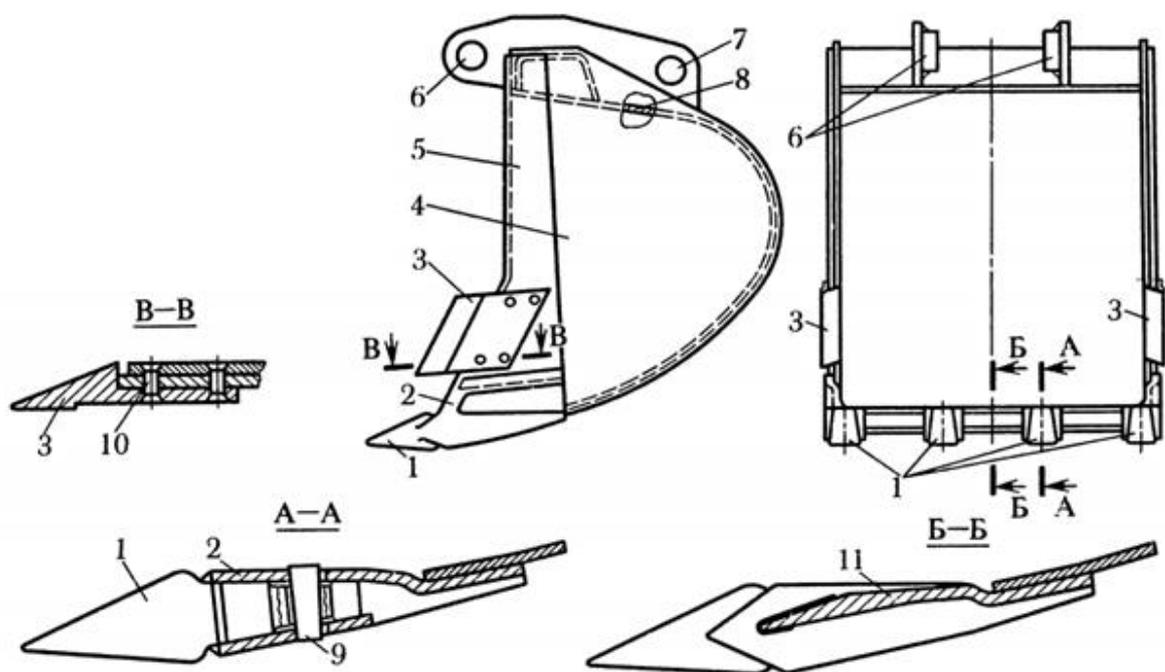


Рисунок 1 – Ковш обратной лопаты экскаватора ЭО-3322А

Прямая лопата применяется для разработки грунта выше опорной поверхности экскаватора. Неповоротный ковш прямой лопаты экскаватора ЭО-4121 (рисунок 2, а) предназначен для тяжелых работ и представляет собой комбинированную конструкцию из литых и сварных деталей. Ковш состоит из корпуса 1, днища 2 и сменных зубьев 5. Передняя стенка корпуса ковша – литая. Задние и боковые стенки сверху и снизу усилены поясами. К задней стенке приварены проушины для крепления с помощью осей 6 и 7, тяги 3 и петель днища 2. Зубья 5 заканчиваются сужающимся хвостовиком, который входит в гнездо козырька передней стенки. От выпадения из гнезда зуб удерживается шплинтом. Во время замены изношенного зуба шплинт удаляют. Рычаг 10 (рисунок 2, б) механизма открывания днища этого ковша одним концом установлен шарнирно на оси 12 вращения днища ковша, другим соединен с цепью 9. Гидроцилиндр 11 проушиной корпуса цилиндра соединен шарнирно с рукоятью, а проушиной штока – с рычагом 10. При открывании днища ковша шток гидроцилиндра 11 втягивается и через рычаг 10 и цепь 9 выдергивает защелку 8. Открывается днище под действием

тяжести грунта, закрывается принудительно при движении штока 15 в результате действия упора 13 рычага на упор 14 днища.

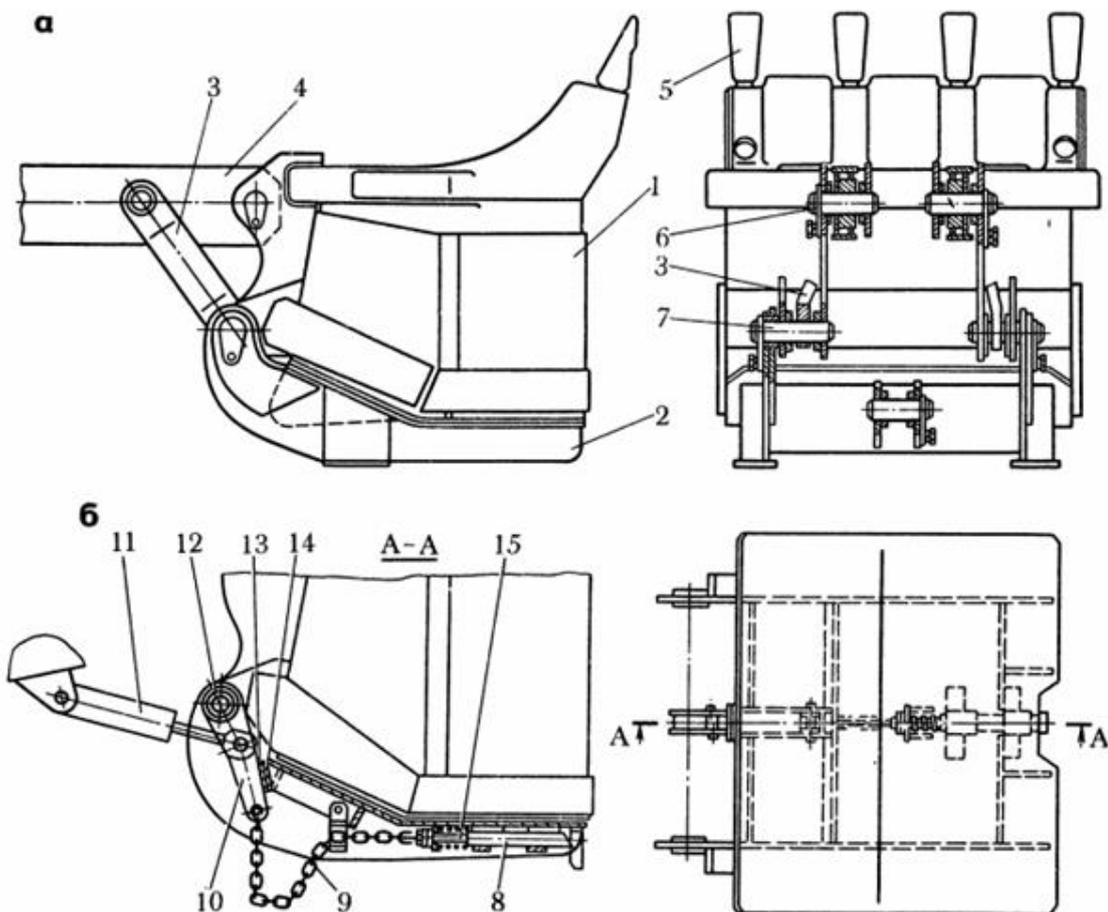


Рисунок 2 – Неповоротный ковш прямой лопаты экскаватора ЭО-4121

Грейфер используют для рытья глубоких котлованов в малосвязных грунтах и для перегрузки сыпучих материалов. Ковш грейфера состоит из двух челюстей. Челюсти ковша грейфера экскаватора ЭО-4121 (рисунок 3) сварены в основном из листового металлопроката. Боковые стенки 3 спереди и сверху имеют усиливающие пояса 2, 4 и 5. Такой же усиливающий пояс сделан сверху и на задней стенке 7. Зубья 1 челюсти приварены к козырьку. Как режущая кромка 8, так и зубья 1 покрыты износостойкой наплавкой. Проушины 6 предназначены для соединения челюсти с подвеской ковша.

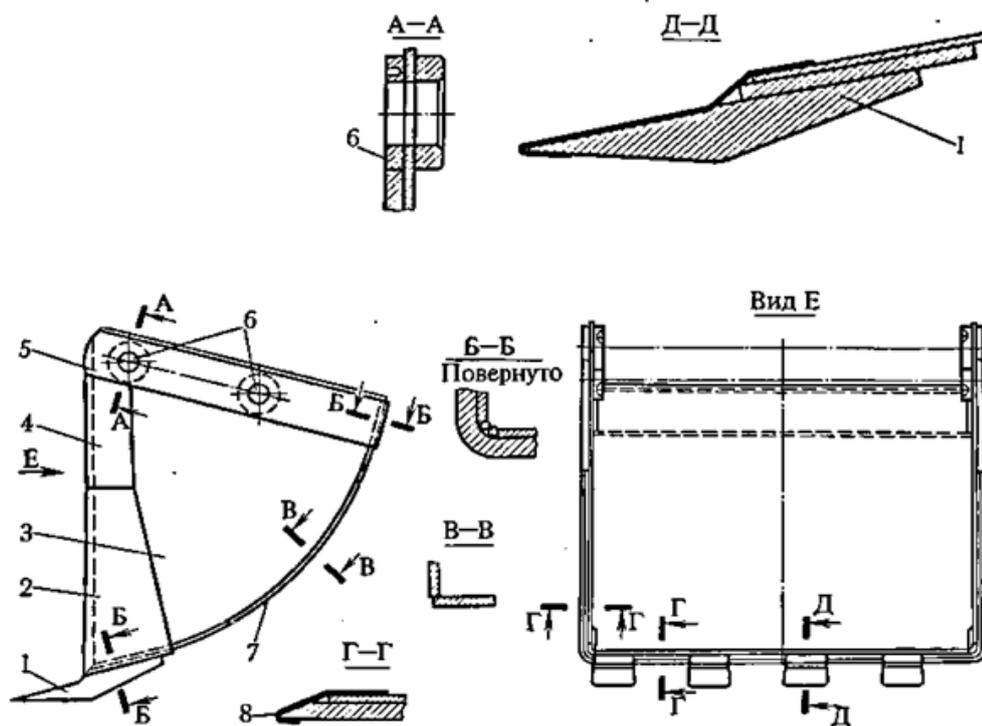


Рисунок 3 – Челюсть ковша грейфера экскаватора ЭО-4121

## 1.2 Условия эксплуатации

Ковш экскаватора работает в сыпучем, связном, мерзлом и скальном грунтах. Частицы, содержащиеся в этих грунтах, подвергают ковш интенсивному абразивному изнашиванию. Выбраковку ковшей производят по наличию изменения формы рабочих поверхностей в следствии износа. [3].

Скорость изнашивания различных участков ковша неодинакова. Наиболее интенсивному износу подвержены зубья и передние стенки. Срок службы передних стенок в зависимости от условий эксплуатации составляет от 1 года (на разработке скальных пород) до 8 лет (на разработке слабых грунтов), торцевой части зуба, подверженной наибольшему износу – от нескольких суток до 6 – 7 месяцев [4].

Износ рабочего органа экскаватора ухудшает качество работы, снижает производительность труда, ограничивает ресурс машин.

### 1.3 Химический состав и свойства конструкционных материалов

Основным конструкционным материалом для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного износа с высокими нагрузками и ударными воздействиями является сталь 110Г13Л [5, 6].

Аустенитная высокомарганцевая сталь 110Г13Л, известная по имени шведского изобретателя как сталь Гадфильда, в соответствии с ГОСТ 977-88 имеет химический состав, указанный в таблице 1.

Таблица 1 –Химический состав стали 110Г13Л

Массовая доля элемента, %

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,90 – 1,50	0,30 – 1,00	11,50 – 15,00	не более 1,00	не более 1,00	не более 0,05	не более 0,12

Механические свойства после закалки, приведенные в таблице 2, отражены в источниках [7, 8, 9].

Таблица 2 – Механические свойства стали 110Г13Л при 20 °С

Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость КСУ, МДж/м <sup>2</sup>
600 – 800	300 – 480	22 – 45	25 – 40	125 – 275

Разброс механических характеристик вызван широкими пределами концентраций углерода и марганца в стали.

Сталь 110Г13Л под действием сил резания приобретает склонность к наклепу (твердость возрастает от 200 до 600 НВ), вследствие чего резко возрастает прочность, снижается пластичность поверхностного слоя, аустенит частично переходит в мартенсит [9, 10].

Теплопроводность высокомарганцевой стали в 3,5 раза меньше, чем углеродистой. На теплопроводность стали сильное влияние оказывает температура. При изменении температуры от 0 до 1000 °С коэффициент теплопроводности меняется от 0,031 до 0,061 Ккал/см·сек·°С [9].

Коэффициент линейного расширения в два раза больше, чем у углеродистой стали, и находится в пределах от  $18,0 \cdot 10^{-6}$  до  $23,1 \cdot 10^{-6}$  (в зависимости от температуры) [9].

#### 1.4 Оценка свариваемости

При наплавке между покрытием и основой образуется металлическая связь, поэтому особое значение имеет свариваемость материалов. Сварка и наплавка стали 110Г13Л сопряжена со значительными трудностями.

При сварке и наплавке происходят значительные изменения основного металла, особенно в зоне термического влияния. В результате этих изменений в ней происходит заметное ухудшение свойств металла по сравнению с его исходными свойствами.

Высокомарганцевая сталь имеет в 4-6 раз меньшую теплопроводность и больший почти в 2 раза коэффициент линейного расширения, чем углеродистая, что вызывает неблагоприятное распределение температур при наплавке. В результате такого распределения температур происходят образование трещин, перекристаллизация и выпадение карбидов [9].

Аустенитная структура шва весьма чувствительна к скорости охлаждения. В реальных условиях охлаждения детали при наплавке можно наблюдать выпадение карбидов в металле шва, отсюда снижение стабильности аустенита и его распад с образованием ферритокарбидной смеси высокой твердости [10].

Также одной из причин плохой свариваемости является высокое содержание фосфора, кремния и кислорода. Эти примеси образуют на границах зерен легкоплавкие эвтектики. Под действием термического цикла при наплавке из-за эвтектики прочность границ зерен снижается, появляются условия для образования горячих трещин. Это явление усугубляется выпадением карбидов по границам зерен [10].

## 2 Разработка технологии ремонта

### 2.1 Выбор способа наплавки

Согласно литературе [11], наиболее распространенными способами, которые применяются при упрочняющей наплавке, являются:

- а) ручная дуговая сварка покрытыми электродами(SMAW);
- б) дуговая сварка порошковой проволокой(FCAW);
- в) дуговая сварка под флюсом(SAW).

Специфика ремонта ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера заключается в проведении наплавочных работ на открытом воздухе и в различных пространственных положениях. В данном случае наиболее рациональным способом является ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. Поскольку наплавка ведется короткими швами, а сам способ обладает мобильностью и простотой доступа к наплавляемой поверхности.

Дуговая наплавка под флюсом не применима в полевых условиях Крайнего Севера так как, использование флюса связано с определенными технологическими трудностями [12], а дуговая наплавка порошковой проволокой в основном ведется в нижнем пространственном положении [13].

### 2.2 Наплавочные материалы и оборудование

Для восстановления формы и размеров зуба ковша используются электроды ЦНИИН-4 или ОК 86.08, обеспечивающие в наплавке сталь Гадфильда [11, 14, 15]. Новые или восстановленные зубья при ударно-абразивном износе упрочняются наплавкой электродами ОЗН-6, ОМГ-Н, ВСН-6, ВСН-10 или ОК 84.58 [9, 11, 12, 14, 15].

Наилучшие результаты достигаются при использовании электродов диаметром 4 – 5 мм и меньше. Исходя из этого выбираем электроды ОК 86.08 и ОК 84.58 диаметром 3,2 мм.

Для ручной дуговой наплавки покрытыми электродами используются источники питания с крутопадающей внешней характеристикой. К таким источникам питания относятся представители семейства «ВД».

Исходя из требуемого диапазона сварочных токов, мною выбран ВД-306Д, которые нашли свое применение в большей степени в промышленном производстве. Такие аппараты отличаются высокой степенью надежности и неприхотливостью в тяжелых эксплуатационных условиях. Главное их преимущество в том, что они могут работать в условиях нестабильного напряжения. Это очень актуально для производственных площадок, не имеющих возможности подключиться к центральному электроснабжению. Данный агрегат может быть запитан как от электросети, так и от альтернативной электростанции.

Выпрямитель ВД-306Д обладает следующими характеристиками [12]:

- напряжение сети 380 В;
- пределы регулирования тока 5...350 А;
- номинальный сварочный ток 315 А;
- продолжительность нагрузки 60%.

### 2.3 Подготовка поверхности

Для получения качественного наплавленного слоя поверхность зуба перед наплавкой подвергается зачистке с целью полного удаления различных загрязнений, трещин, следов износа, упроченных слоев.

Поверхности должны подвергаться абразивному шлифованию на глубину не менее 2 мм. Должен быть удален слой наклепанного металла, а также предыдущей наплавки в случае повторного восстановления [12].

Обычно при наплавке стали 110Г13Л предварительный подогрев не используется, а межпроходная температура не должна превышать 200°С. При

наплавке в условиях Крайнего Севера изделие необходимо предварительно подогреть до 50 – 100°С [11].

#### 2.4 Расчет параметров режима наплавки

При ручной дуговой наплавке к параметрам режима относятся сила тока, напряжение, скорость перемещения электрода вдоль шва, род тока, полярность и др.

Наплавка отливок из стали 110Г13Л производится на постоянном токе обратной полярности.

Расчет параметров режима проведем для электродов ОК 86.08 и ОК 84.58 диаметром 3,2 мм, которые назначили в п 2.2.

Расчет сварочного тока производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока по формуле [13]:

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2}{4} \cdot j, \quad (1)$$

где  $j$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;

$d_э$  – диаметр электрода, мм.

Плотность тока при ручной дуговой наплавке принимают 10...30 А/мм<sup>2</sup> [12]. Также при наплавке электродами с основным покрытием диаметром 3,2 мм плотность тока должна быть 13,0...18,5 А/мм<sup>2</sup> [16].

Выбираем значение 15 А/мм<sup>2</sup>. Тогда в соответствии с формулой (1):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} \cdot 15 = 120,6 \text{ А.}$$

Для электрода ОК 86.08 диаметром 3,2 мм производителем рекомендуется диапазон токов 95...135 А, а для ОК 84.58 диаметром 3,2 мм 110...150 А. Напряжение на дуге  $U_d$  при таких токах будет равно 23 В [12].

Скорость наплавки находят из соотношения [12]:

$$v_H = \frac{\alpha_H I_{св}}{3600 \cdot B h k \gamma}, \text{ см/с,} \quad (2)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;

$B$  – ширина валика, см;

$h$  – высота валика, см.

$k$  – коэффициент площади валика (0,5...0,7);

$\gamma$  – плотность металла электрода, г/см<sup>3</sup> (7,8 г/см<sup>3</sup> – для стали).

При наплавке узкими валиками  $B = (0,8...1,5)d$ , [13], также ширина валика  $B$  примерно в 2...3 раза больше его высоты  $h$  [12].

Согласно [12] для электрода ОК 86.08 диаметром 3,2 мм коэффициент наплавки  $\alpha_n$  равен 9,6г/А·ч, а для ОК 84.58 диаметром 3,2 мм 10,8г/А·ч.

Тогда скорость наплавки по формуле (2):

$$v_n(\text{ОК 86.08}) = \frac{9,6 \cdot 120,6}{3600 \cdot 0,48 \cdot 0,24 \cdot 0,6 \cdot 7,8} = 0,6 \text{ см/с},$$

$$v_n(\text{ОК 84.58}) = \frac{10,8 \cdot 120,6}{3600 \cdot 0,48 \cdot 0,24 \cdot 0,6 \cdot 7,8} = 0,67 \text{ см/с}.$$

Погонная энергия определяется по формуле [12]:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_{и}}{v_n}, \quad (3)$$

где  $\eta_{и}$  – эффективный КПД дуги, зависящий от условий ее горения (для сварки плавящимся электродом  $\eta_{и} = 0,7 \dots 0,85$  [12]).

Подставляем значения в формулу (3):

$$q_n(\text{ОК 86.08}) = \frac{120,6 \cdot 23 \cdot 0,8}{0,6} = 3698,4 \text{ Дж/см},$$

$$q_n(\text{ОК 84.58}) = \frac{120,6 \cdot 23 \cdot 0,8}{0,67} = 3312 \text{ Дж/см}.$$

## 2.5 Подготовка наплавочных материалов

Наплавка при отрицательных температурах производится электродами с основным видом покрытия. Данные электроды чувствительны к влаге. Поэтому при производстве наплавочных работ их необходимо тщательно просушивать и прокаливать, чтобы избежать растрескивания.

Содержание влаги в электродах, не превышающее 0,2 %, исключает возможность появления хрупких трещин. [3].

Электроды, выбранные в п 2.2, по данным производителя необходимо прокалить при температуре 180 – 220 °С в течении двух часов.

## 2.6 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений

Причинами, способствующими образованию горячих трещин при сварочных процессах на деталях из высокомарганцевой стали, являются:

а) большой коэффициент расширения, составляющий 0,000018 на 1°С при комнатной температуре. Удлинение примерно в 1,5 – 2 раза больше, чем у ферритных сталей;

б) пониженная теплопроводность и, как следствие этого, быстрый, концентрированный нагрев до высоких температур и медленный отвод тепла.

Для уменьшения отрицательного влияния указанных факторов в литературе [9] приведены следующие рекомендации.

Наплавленный металл при охлаждении дает усадку; в результате в сварном шве или зоне сварки возникают термические напряжения, способствующие образованию трещин. Высокий коэффициент расширения и низкая теплопроводность высокомарганцевой стали способствует локализации напряжений в сварном шве при его охлаждении.

Поэтому для предупреждения образования трещин желательна проковка мест сварки в горячем состоянии. Сжимающие усилия проковки противодействуют растягивающим напряжениям, возникающим при охлаждении. При этом проковка должна производиться быстро вслед за наложением сварного шва длиной 100 – 200 мм и продолжаться до остывания металла.

Поверхности отливок из высокомарганцевой стали перед наплавкой должны подвергаться абразивному шлифованию на глубину не менее 2 мм. Наличие на поверхности, подлежащей наплавке, литейной корки, окисленной

поверхности или других загрязнений недопустимо, так как это приводит к образованию глубоких горячих трещин и непроваров в переходной зоне от наплавленного металла к основному.

Во избежание отпуска и превращений, вызывающих выделение карбидов и охрупчивание стали, сварочные процессы необходимо производить в условиях, обеспечивающих наименьшее тепловложение.

В процессе наплавки восстанавливаемая часть зуба ковша не должна разогреваться больше чем на 200° С. При превышении данной температуры наплавку необходимо прекратить.

Наплавку проводить на постоянном токе при обратной полярности. Наплавка на прямой полярности приводит к неудовлетворительным результатам, так как при этом больше аккумулируется тепла в завариваемой детали.

Наплавку необходимо выполнять с применением малых токов и возможно более короткой дуги, а также электродов малых диаметров.

При выполнении сварочных процессов в вертикальном положении лучшие результаты достигаются при направлении сварки снизу-вверх.

Но даже при всех наиболее благоприятных условиях при проведении сварочных процессов возможно выделение некоторого количества карбидов, поэтому зона влияния редко имеет такие же структуру и вязкость, как основной металл.

## 2.7 Технология наплавки

Зубья, работающие по скалистым грунтам, наплавляют вдоль изнашиваемой поверхности. Крупные осколки породы будут контактировать с вершинами наплавленных валиков, не изнашивая материал основы [11] При попадании грунта между валиками повышается стойкость к абразивному изнашиванию.

Способ многоваликовой наплавки снижает погонную энергию и чувствительность к трещинам. Наплавку необходимо вести с чередованием наложения валиков по отдельным элементам восстанавливаемого зуба. Длина каждого валика должна быть 100 – 150 мм. В процессе наплавки зуб не должен разогреваться больше чем на 200 °С

Электрод следует держать к поверхности под углом 70 – 80° и направлять его вперед узкими валиками без поперечных колебаний. Все кратеры должны быть тщательно заполнены металлом и выведены на концы соседних валиков [9].

## 2.8 Термическая обработка

Термическая обработка после наплавки не используется, так как свойства высокомарганцевой стали, обычно ухудшающихся при нагреве. Сварное соединение прочнее без термической обработки, если наплавка производилась соответствующими электродами и при соответствующем режиме [9].

### 3 Контроль качества наплавленных швов

Основными причинами, вызывающими разрушение металлоконструкций, являются резкие концентрации напряжений в сечениях, ослабленных дефектами. Дефекты могут быть результатом некачественного изготовления, являться следствием ремонтных воздействий, особенно при сварке металлоконструкций в условиях низких отрицательных температур, а также возникать в результате старения металла в периоды длительной эксплуатации.

При всех видах ремонта в наплавленном слое не допускается наличие следующих дефектов [16]:

- отклонения в размерах швов в сторону увеличения более 2 мм;
- отклонения в размерах швов в сторону уменьшения, за исключением случаев, особо оговоренных нормативно-технической документацией;
- волнистость шва более 2 мм или наличие резких переходов одного сечения шва к другому;
- дефекты в виде трещин или несплавлений по кромкам, наплывы, прожоги и незавершенные кратеры;
- подрезы более 10 % толщины металла или свыше 0,5 мм;
- поверхностные поры и шлаковые включения, сгруппированные на длине более 10 мм, с расстоянием между дефектными участками менее 500 мм;
- шлаковые включения и поры по площади, превышающие в сумме 15 % наплавленной или механически обработанной поверхности изношенных мест деталей.

Вмятины поверхности шва, получающиеся при удалении с него шлаковой корки механизированным инструментом или зубилом с радиусом рабочей кромки более 2 мм, браковочным признаком не считаются.

Важным техническим средством, позволяющим своевременно выявить скрытые дефекты, являются неразрушающие методы контроля.

Контроль наплавленных поверхностей включает [17]:

- визуальный и измерительный контроль;
- капиллярный контроль.

### 3.1 Визуальный и измерительный контроль

Все сварные соединения подвергаются визуальному контролю. В сварном соединении визуально следует контролировать:

- а) отсутствие или наличие трещин всех видов и направлений;
- б) отсутствие или наличие поверхностных дефектов (непроваров, наплывов, пор, свищей, включений, подрезов, усадочных раковин, прожогов, брызг расплавленного металла, грубой чешуйчатости);
- в) качество зачистки поверхности сварного соединения для последующего контроля неразрушающими методами.

Измерительным контролем в сварном соединении необходимо контролировать:

- а) размеры поверхностных дефектов (поры, включения и др.) обнаруженные при визуальном контроле;
- б) высоту углублений между валиками и чешуйчатость поверхности шва (перепады по высоте между чешуйками не должны превышать 1 мм);
- в) подрезы (глубину и длину) основного металла.

Визуальный контроль проводят невооруженным глазом или с применением визуально-оптических приборов до 20-кратного увеличения (луп, эндоскопов, микроскопов, зеркал). При измерительном контроле применяют шаблоны, угольники, штангенциркули, линейки, микрометры.

Визуальный и измерительный контроль выполняют до проведения контроля материалов и сварных соединений другими методами неразрушающего контроля [18].

### 3.2 Капиллярный контроль

Капиллярные методы контроля применяют для выявления поверхностных дефектов сварных соединений, таких как микротрещины и трещины, выходящие на поверхность изделия, мелкие поверхностные поры и узкие непровары, которые трудно обнаружить при внешнем осмотре.

Особенно важен этот метод для контроля сварных соединений аустенитных сталей, свойства которых ограничивают возможности использования других методов контроля.

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя.

Основными этапами проведения капиллярного неразрушающего контроля являются:

- подготовка объекта к контролю;
- обработка объекта дефектоскопическими материалами;
- проявление дефектов;
- обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля;
- окончательная очистка объекта.

Технологические режимы операций контроля (продолжительность, температуру, давление) устанавливают в зависимости от требуемого класса чувствительности, используемого набора дефектоскопических материалов, особенностей объекта контроля и типа искомых дефектов, условий контроля и используемой аппаратуры [19].

#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение дуговой сварки при ремонте ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера» выполняется в рамках научно-исследовательской работы. Суть работы заключается в исследовании и разработке технологии наплавки зуба ковша на открытой местности, в районах Крайнего Севера.

Для оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведем анализ конкурентных технических решений и SWOT анализ. Также проведем расчет бюджета научно-технического исследования.

##### 4.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Данный анализ был проведен с помощью оценочной карты (таблица 3). Используемые техники сварки центральной части днища ковша:

- 1) А – ручная дуговая сварка;
- 2) Б – механизированная сварка в среде защитного газа;
- 3) В – механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в (таблице 3), подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4)$$

где  $K$  – конкурентноспособность научной разработки конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентного оборудования

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>А</sub>	Б <sub>В</sub>	Б <sub>С</sub>	К <sub>А</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>С</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.1	3	4	4	0.3	0.4	0.4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.06	5	5	5	0.3	0.3	0.3
3. Уровень качества сварных соединений	0.1	3	4	4	0.3	0.4	0.4
4. Энергоэкономичность	0.06	4	4	4	0.24	0.24	0.24
5. Надежность	0.06	4	5	5	0.24	0.3	0.24
6. Уровень производимого шума	0.07	4	3	4	0.28	0.21	0.28
7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах	0.05	2	4	4	0.1	0.2	0.2
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.08	5	5	5	0.4	0.4	0.4
9. Простота эксплуатации	0.05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
10. Качество интеллектуального интерфейса	0.05	2	4	4	0.1	0.2	0.2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентноспособность продукта	0.06	5	5	4	0.3	0.3	0.24
2. Уровень проникновения на рынок	0.05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
3. Цена	0.06	5	4	3	0.3	0.24	0.18
4. Предлагаемый срок эксплуатации	0.05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
5. Срок окупаемости	0.05	4	4	4	0.2	0.2	0.2
6. Наличие сертификации разработки	0.05	4	4	4	0.2	0.2	0.2
Итого	1	65	67	66	4.01	4.09	4.08

Исходя из проведенного выше анализа (таблица 3) следует, что все три способа сварки конкурируют между собой. Ручная дуговая сварка имеет более низкую цену сварочных материалов, однако она уступает механизированной сварке по качеству сварных соединений. Также при использовании механизированной сварки повышается производительность работы, по сравнению с ручной дуговой сваркой. Однако применение механизированной сварки в среде защитных газов при большой скорости ветра становится очень затратной, за счет высокого расхода газа. Аналогом является механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой для применения которой не требуется подача газа, тем самым можно исключить баллоны с газом как оборудование. Более конкурентноспособной является механизированная сварка в среде защитных газов за счет производительности, дешевизны и простоты в использовании. Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой уступает по цене сварочных материалов механизированной сварке в среде защитных газов, а также по большому разбрызгиванию самозащитной порошковой проволоки, что в заводских условиях стремятся привести к минимуму.

#### 4.2 SWOT анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность изготовления в полевых условиях</p> <p>С2. Использование современного оборудования</p> <p>С3. Широкая область применения</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность транспортировки</p> <p>Сл2. Развитие передовых технологий</p> <p>Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости.</p> <p>Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение качественных сварных соединений</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новейших технологий</p> <p>У2. Отсутствие спроса производимого товара на рынок</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации оборудования и квалификации персонала.</p>		

На втором этапе SWOT-анализа строятся интерактивные матрицы, которые представлены в таблицах 5, 6, 7, 8.

Таблица 5 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны					
Возможности		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	0	+
	B2	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: B1B2C1C2C4, B2C3.

Таблица 6 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны					
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	-
	B2	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: B1Сл1.

Таблица 7 – Интерактивная матрица «Сильные стороны и Угрозы»

Сильные стороны					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	0
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	-
	У4	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: У1У2У4С1С2С3, У2С4.

Таблица 8 – Интерактивная матрица «Слабые стороны и Угрозы»

Слабые стороны					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	+	-
	У2	-	-	+	-
	У3	+	-	+	+
	У4	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной матрицы выявляются следующие сильные стороны и возможности: У1Сл2, У1У2У3У4Сл3, У3Сл1Сл4, У4Сл1Сл2Сл4.

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 9).

Таблица 9 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Возможность изготовления в полевых условиях С2. Использование современного оборудования С3. Широкая область применения С4. Наличие бюджетного финансирования проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Сложность транспортировки Сл2. Развитие передовых технологий Сл3. Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости. Сл4. Отсутствие квалифицированного персонала
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Получение качественных сварных соединений	V1B2C1C2C4, B2C3	V1Cл1
Угрозы: У1. Появление новейших технологий У2. Отсутствие спроса производимого товара на рынок У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации оборудования и квалификации персонала.	У1У2У4С1С2С3, У2С4	У1Сл2, У1У2У3У4Сл3, У3Сл1Сл4, У4Сл1Сл2Сл4

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

В состав затрат, необходимых для реализации проекта включено:

- материальные затраты;
- основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды
- накладные расходы.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \quad (5)$$

где:  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	2	39990	79980
Итого			79980

Итого по статье «Материальные затраты» – 79980 руб.

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и студенту, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12 – 20% от оклада.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника:

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (7)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (8)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	КН	25600	0,3	0,5	1,3	59904	3115	20	63000
Студент	–	3000	0,3	0,5	1,3	7020	475	77	36575
Итого $Z_{осн}$									99575

Итого по статье «Основная заработная плата» – 99575 руб.

#### 4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет производится по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (9)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{доп}(\text{рук – ль}) = 8820 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп}(\text{студент}) = 5120 \text{ руб.}$$

Итого по статье «Дополнительная заработная плата» – 13940 руб.

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (10)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого
Научный руководитель	63000	8820	30,2% = 0,302	21690
Студент	36575	5120		12591

Итого по статье «Отчисления во внебюджетные фонды» – 34281 руб.

#### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 36444 \text{ руб.}$$

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.
Материальные затраты	79980
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99575
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13940
Отчисления во внебюджетные фонды	34281
Накладные расходы	36444
Итого:	264220

Итоговая сумма бюджета составляет 264220 рублей.

## 5 Социальная ответственность

### Введение

В работе рассматривается применение дуговой сварки при ремонте ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера. Основным рабочим местом при производстве работ является открытый воздух. Работы производятся в дневное время суток.

### 5.1 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, образующихся при ремонте ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по ремонту ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) зачистка поверхности зубьев ковша с помощью абразивного инструмента; 2) восстановление формы зубьев и наплавка упрочняющего слоя с помощью ручной дуговой сварки.	1. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 2. Пониженная температура воздуха рабочей зоны; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.	1. Подвижные части производственного оборудования; 2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.	ГОСТ 12.1.005-88 [1]; ГОСТ 12.1.003-83 [4]; ГОСТ 12.1.038-82 [6]; ГОСТ 12.3.003-86 [11]

## 5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов и мероприятия по их устранению

### 5.1.1.1 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При сварке в зону дыхания рабочих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы окислы различных металлов (марганца, хрома, никеля, меди, алюминия, железа), их окислы и другие соединения, а также газы (окись углерода, озон, фтористый водород, окислы азота). Количество и состав сварочных аэрозолей, их токсичность зависят от химического состава сварочных и свариваемых металлов.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ, встречающихся в воздухе рабочей зоны при производстве сварочных работ по ГОСТ 12.1.005-88 [20] представлены в таблице 16

Таблица 16 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ

Вредные вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5	2	П
Алюминий и его сплавы, оксид алюминия (в том числе, с примесью диоксида кремния) в виде аэрозоля конденсации	2	4	А
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3 %), легированные стали и их смеси с алмазом до 5 %	6	4	А
Железа оксид с примесью оксидов фтористых или 3...6 % марганцовых соединений	4	4	А
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0,2	2	А
Никель, оксид никеля	0,05	1	А
Озон	0,1	1	П
Углерода оксид	20	4	П
Фтористый водород	0,5/0,1	2	П

К средствам защиты органов дыхания относятся противогазы, полумаски, респираторы. Применяемые средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 [21].

### 5.1.1.2 Пониженная температура воздуха рабочей зоны

Зимой температура окружающего воздуха в районе производства работ может опускаться до минус 60 °С.

Глубокое местное переохлаждение может закончиться обморожением частей тела с нарушениями тканей, включая и костную.

В таблице 17 представлены условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе [22].

Таблица 17 – Условия, при которых запрещаются работы на открытом воздухе

Скорость ветра, м/с	Температура, °С
При безветренной погоде	Минус 36
Не более 5	Минус 35
5 – 10	Минус 34
10 – 15	Минус 32

Чтобы избежать переохлаждений и обморожений сварщики, работающие на открытой территории в зимний период года, должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами. При температуре окружающего воздуха ниже минус 10 °С необходимо иметь вблизи рабочего места сварщика инвентарное помещение для обогрева, при температуре ниже минус 36 °С – оборудовать тепляк.

### 5.1.1.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум может создаваться работающим оборудованием. Например, шлифмашинкой. Действие шума затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые процессы изменения органа слуха у человека, повышает утомляемость.

Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах по ГОСТ 12.1.003-83 [23] представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При превышении предельно допустимых норм шума работники должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органов слуха: противошумными наушниками, шлемами или противошумными вкладышами. Типы и группы СИЗ органов слуха следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.051-87 [24].

#### 5.1.1.4 Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение

Сварка открытой дугой сопровождается выделением мощной лучистой и тепловой энергии. Яркость электрической дуги превышает 1600 стильб. Нормальное зрение человека способно воспринимать безболезненно яркость не более одного стильба. На незащищенных частях тела лучистая и тепловая энергия вызывает покраснение и ожоги различной степени, в зависимости от расстояния до источника излучения.

Интенсивность теплового излучения в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) на постоянных рабочих местах не должна превышать допустимых величин, приведенных в таблице 19.

Таблица 19 – Предельно допустимая концентрация интенсивности излучения в оптическом диапазоне на постоянных рабочих местах

Области спектра	Длина волны, мкм	ПДК Вт/м <sup>2</sup>
Ультрафиолетовое	0,22 – 0,28	0,001
	0,28 – 0,32	0,05
	0,30 – 0,4	10
Инфракрасное	0,76 – 1,4	100
	1,4 – 3	120
	3 – 5	150

Для защиты лица сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр. Для защиты зрения окружающих должны применяться переносные щиты и ширмы. Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия теплового излучения.

#### 5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов и мероприятия по их устранению

##### 5.1.2.1 Подвижные части производственного оборудования

На данном рабочем месте производится механическая обработка зуба ковша с применением угловой шлифовальной машины, абразивный круг которой вращается со скоростью 7000 об/мин в больших диапазонах нагрузок. Соприкосновение с движущимися частями оборудования может привести к перелому конечностей, ушибам, порезам.

Для обеспечения коллективной защиты следует использовать оградительные устройства и знаки безопасности. К средствам индивидуальной защиты относятся спец. одежда и защитные очки, маски.

### 5.1.2.2 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Опасность поражения электрическим током создают источники сварочного тока и электроинструмент.

По ГОСТ 12.1.038-82 [25] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 20.

Таблица 20 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц не должны превышать значений, указанных в таблице 21.

Таблица 21 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц [25].

Продолжительность действия t, с	Нормируемая величина		Продолжительность действия t, с	Нормируемая величина	
	U, В	I, mA		U, В	I, mA
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Свыше 1,0	12	2

Все металлические корпуса сварочных аппаратов должны быть надежно заземлены. Электрическая проводка должна обязательно иметь

неповрежденную изоляцию. Розетки и вилки должны быть исправными. Около розеток обязательно должна быть надпись о величине напряжения.

## 5.2 Экологическая безопасность

### 5.2.1 Защита селитебной зоны

Место ремонта ковшей экскаваторов, в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 [26], необходимо рассматривать, как производство по ремонту дорожных машин, автомобилей, кузовов, подвижного состава железнодорожного транспорта и метрополитена. Согласно этому документу данное производство IV класса опасности с санитарно – защитной зоной 100 м.

### 5.2.2 Защита атмосферы

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем. Для очистки выбросов в атмосферу, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. Установка для улавливания аэрозолей и пыли предусмотрена в системе вентиляции. Для этого используют масляные фильтры. Большое значение для защиты атмосферы имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

### 5.2.3 Защита гидросферы

Основными загрязнителями сточных вод являются частицы пыли, металлические и абразивные частицы. Очистка сточных вод от твёрдых частиц осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения твёрдых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

#### 5.2.4 Защита литосферы

При сварочных работах образуются следующие отходы: сварочный шлак, огарки сварочных электродов, продукты разложения карбида кальция. На участке сварки должны быть предусмотрены емкости для складирования металлических отходов, а также емкости для мусора. Все металлические отходы транспортируются на переработку, а весь мусор вывозится в специально отведенные места и уничтожается.

#### 5.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

Одним из наиболее вероятных видов ЧС при сварочных работах является пожар на рабочем месте.

Источниками пожара при проведении сварочных работ являются: открытый огонь (сварочная дуга, пламя газовой горелки и резки); искры и частицы расплавленного металла; повышенная температура изделий, которые подвергаются сварке.

Все цеха, участки и рабочие места сварщиков должны быть обеспечены противопожарным инвентарем. Для ликвидации очага загорания в электропроводке, электрических машинах и трансформаторах применяют углекислотные огнетушители, предварительно обесточив эти очаги. В случае возникновения пожара надо немедленно принять меры к его ликвидации имеющимися средствами и при необходимости вызвать пожарную команду.

Сварочные работы разрешается производить на расстоянии не менее 5 метров от горючих материалов и не ближе 10 метров от емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями.

## 5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### 5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Работники, которые трудятся в условиях Крайнего Севера, имеют дополнительные льготы в соответствии с законом [27]. Оплата труда в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях осуществляется с применением районных коэффициентов и процентных надбавок к заработной плате, а также для работников установлены ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска [28].

### 5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В ГОСТ 12.3.003-86 [29] указаны следующие требования.

При выполнении сварочных работ в одном помещении с другими работами должны быть приняты меры, исключающие возможность воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих. Например, при выполнении сварки на разных уровнях по вертикали должна быть предусмотрена защита персонала, работающего на ниже расположенных уровнях, от случайного падения предметов, огарков электродов, брызг металла и др.

Зоны с наличием опасного производственного фактора следует ограждать. Рабочие места сварщиков на два поста и более, должны быть разделены ограждающими ширмами, защищающими сварщиков от излучения дуги, брызг расплавленного металла, и обеспечивать достаточное пространство для каждого работающего.

Рабочие места, расположенные выше 1,3 м от уровня земли или сплошного перекрытия, должны быть оборудованы ограждениями высотой не менее 1,1 м, состоящими из поручня, одного промежуточного элемента и бортовой доски шириной не менее 0,15 м.

Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м. Проходы между стационарными однопостовыми источниками питания должны быть шириной не менее 0,8 м. При установке однопостового источника питания у стены расстояние от стены до источника должно быть не менее 0,5 м.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе рассмотрено применение дуговой сварки при ремонте ковшей экскаваторов в условиях Крайнего Севера. Сделан вывод, что оптимальным способом сварки для восстановительной и упрочняющей наплавки в условиях Крайнего Севера – ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Рассмотрены условия эксплуатации рабочих органов экскаваторов. Установлено, что основная причина выхода их из строя зубьев ковшей – ударно-абразивный износ. Описаны свойства стали 110Г13Л – основного материала для отливки зубьев. Отражены причины плохой свариваемости стали и меры по снижению сварочных деформаций. Подобраны сварочные материалы, рассчитаны параметры режима сварки и разработана технология сварки.

## Список литературы

1. Беркман И. Л., Раннеев А. В., Рейш А. К. Универсальные одноковшовые строительные экскаваторы: Учебник для проф.-техн училищ. – М.: «Высшая школа», 1977. – 384 с.
2. Гаркави Н. Г., Аринченков В. И., Карпов В. В. Машины для земляных работ: Учебник / под ред. Гаркави Н. Г. – М.: «Высшая школа», 1982. – 335 с.
3. Квагинидзе В. С. Ремонтная технологичность металлоконструкций карьерных механических лопат на угольных разрезах Севера – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2007. – 224 с.
4. Попов Д. А., Патюков С. С. Особенности условий эксплуатации рабочих органов строительно-дорожных машин и факторы, влияющие на их ресурс // Воронежский научно-технический вестник – 2015 – № 1 – С. 85 – 94
5. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 35 с.
6. Болобов В. И., Баталов А. П., Бочков В. С., Чупин С. А. Износостойкость стали 110Г13Л в различных абразивных средах // Записки Горного института. Т.209 – 2014– С. 17 – 22
7. Мулявко Н.М. Анализ эксплуатационной стойкости отливок из стали 110Г13Л // Известия Челябинского научного центра – 2001 – № 4 – С. 28 – 30
8. Мирзаев Д. А., Корягин Ю. Д., Окишев К. Ю. Влияние металлургических факторов на механические свойства и износостойкость литых марганцовистых сталей // Известия Челябинского научного центра – 1999 – № 3 – С. 18 – 22
9. Власов В. И., Комолова Е. Ф. Литая высокомарганцовистая сталь Г13Л – М.: МАШГИЗ, 1963. – 196 с.
10. Панов В. И. Проблемы ремонтной сварки стали 110Г13Л большой толщины // Сварщик – 2014 – № 1 – С. 36 – 39
11. Сварка и наплавка. Пособие по выбору наплавочных материалов ESAB – ESAB, 2016. – 122 с.

12. Пантелеенко Ф. И., Лялякин В. П., Иванов В. П., Константинов В. М. Восстановление деталей машин: Справочник – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
13. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
14. ГОСТ 10051-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 35 с.
15. Пособие по применению электродов для сварочных и наплавочных работ – Лосиноостровский электродный завод, 2016. – 57 с.
16. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов
17. ГОСТ 33258-2015 Арматура трубопроводная. Наплавка и контроль качества наплавленных поверхностей. Технические требования
18. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 101 с.
19. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования
20. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2008.
21. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: ИПК Изд-во ст., 2001
22. О работе на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях в холодное время года: Постановление администрации Томской области от 11 февраля 2011 года № 29а
23. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности – М.: ИПК Изд-во ст., 2002

24. ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний – М.: Изд-во ст., 1988
25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001
26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов
27. Закон РФ от 19.02.1993 N 4520-1 О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях
28. Трудовой кодекс Российской Федерации
29. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности – М.: ИПК Изд-во ст., 2003