

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для ремонта ковша экскаватора

Обучающийся

М.И. Густо

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Тольятти 2023

## Аннотация

Название выпускной квалификационной работы: «Технология и оборудование для ремонта ковша экскаватора».

Выпускная работа выполнена на 63 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, таблиц, списка литературы, включая зарубежные источники, и графической части на 6 листах формата А1.

При выполнении базовой технологии ремонта ковша экскаватора применяется ручная дуговая сварка штучным электродом. Однако этот способ не обеспечивает высокой производительности из-за малой скорости сварки. На основании анализа возможных способов сварки было принято заменить ручную дуговую сварку штучным электродом на механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Чтобы достичь поставленной цели выпускной бакалаврской работы, были решены следующие задачи:

- 1) составлен технологический процесс Ремонта ковша экскаватора;
- 2) произведён выбор оборудования для ремонта ковша экскаватора;
- 3) произведён экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды;
- 4) разработана экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Решение этих задач позволит достичь поставленную цель - повышение производительности ремонтной технологии.

Подводя итоги, хотелось подчеркнуть, что данная работа актуальна не только для увеличения производительности ковша экскаватора, но и для схожих инструментов рабочей техники.

## **Abstract**

The title of the graduate qualification work: "Technology and equipment for the repair of excavator buckets".

The graduate work is executed on 60 pages and consists of the introduction, five chapters, the conclusion, tables, the list of references, including foreign sources, and a graphic part on 6 sheets of format A1.

At performance of the basic technology of repair of an excavator bucket the manual arc welding by a piece electrode is applied. However, this method does not provide high productivity due to the low welding speed. On the basis of analysis of possible welding methods it was decided to replace manual arc welding with a piece electrode with mechanized welding in shielding gases with a continuous cross-section wire.

To achieve the goal of the graduate bachelor's work, the following tasks were solved:

- 1) made up the technological process of the repair of the excavator bucket;
- 2) the choice of equipment for repair of an excavator bucket was made;
- 3) the ecological analysis of the offered technological decisions for possible danger to environment was made;
- 4) the economic estimation of the offered technical solutions for efficiency of their introduction into production is developed.

The solution of these problems will allow to achieve the set aim - to increase the productivity of repair technology.

Summing up, we would like to emphasize that this work is relevant not only to increase the productivity of the excavator bucket, but also for similar tools of working machinery.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по ремонту ковша экскаватора ELAZ 880 В1 .....	7
1.1 Описание и предназначение экскаватора ELAZ 880 В1.....	7
1.2 Сведения о материале ковша экскаватора ELAZ 880 В1 и оценка его свариваемости .....	9
1.3 Базовая технология ремонтной сварки ковша экскаватора ELAZ В1 880 .....	12
1.4 Обоснование выбора способа ремонтной сварки ковша экскаватора ELAZ В1 880 .....	13
1.5 Формулировка задач выпускного квалификационного проекта .....	18
2 Технологический процесс ремонта ковша экскаватора ELAZ 880ВL .....	20
2.1 Дефектация.....	20
2.2 Очистка поверхности .....	21
2.3 Выборка дефектов.....	21
2.5 Ремонтная сварка ковша ELAZ 880 В1 .....	23
2.6 Контроль качества .....	25
3 Выбор оборудования для ремонта ковша экскаватора .....	26
3.1 Шлифовальная машина.....	26
3.2 Кромкофрезерная машина .....	27
3.3 Ударная дрель .....	28
3.4 Источник питания и подающий механизм.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	31
4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики ремонта ковша экскаватора. ....	31
4.2 Идентификация профессиональных рисков .....	33
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	33
4.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	36

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	40
4.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность технического объекта выпускной квалификационной работы бакалавра.....	41
5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	43
5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов .....	43
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	44
5.3 Расчёт штучного времени .....	45
5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии .....	49
5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям .....	53
5.6 Расчёт показателей экономической эффективности.....	56
Выводы по экономическому разделу .....	58
Заключение .....	60
Список используемой литературы и используемых источников.....	61

## Введение

В современное время в ограниченных условиях заказа техники из-за рубежа, стала актуальна тема для применения ремонтной сварки процесса для восстановления изношенных и поврежденных деталей, агрегатов, и их узлов, для дальнейшего введения в эксплуатацию техники.

В данной выпускной квалификационной работе будут рассмотрены материалы, а также способы ремонтной сварки, экскаватора-погрузчика ELAZ В1 880.

При глубоком анализе справочной литературы по приведению разных вариантов по ремонту оборудования и деталей данной и схожей техники и проведя мониторинг по иным информационным источникам информации, можно подчеркнуть, что значительная часть выбракованных запчастей и компонентов техники и агрегатов теряют от 1.5% до 9% своей исходной прочности из-за износа сохранный прочности, не говоря уже про свои свойства. Поэтому требуется разработка проектного варианта технологии ремонтной сварки, но нужно учитывать, как свойства основного материала, так и причины повреждения, то есть дефектов, и методов борьбы, которые неизбежно будут происходить во время ремонтной сварки.

На данный момент при проведении ремонтных работ на ковше используется метод ручной дуговой сварки с применением отдельных электродов. Данный вид сварки обладает рядом недостатков, которые будут рассмотрены в данной выпускной квалификационной работе. Поэтому требуется провести анализ и обоснование выбора способа ремонтной сварки ковша. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что повышение производительности выполнения ремонтной сварки в настоящий момент продолжает оставаться актуальной задачей на данный момент.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности ремонтной сварки ковша экскаватора-погрузчика ELAZ В1 880.

## **1 Анализ исходных данных и известных решений по ремонту ковша экскаватора ELAZ 880 В1**

### **1.1 Описание и предназначение экскаватора ELAZ 880 В1**

Для выполнения работ по созданию насыпей грунта и перевозки сыпучих строительных материалов, а также для уборки снега и раскопки во время ремонта труб водопроводной инфраструктуры, широкое применение нашел в строительной отрасли России, один из самых популярных моделей экскаватор ELAZ В1 880 (рисунок 1).

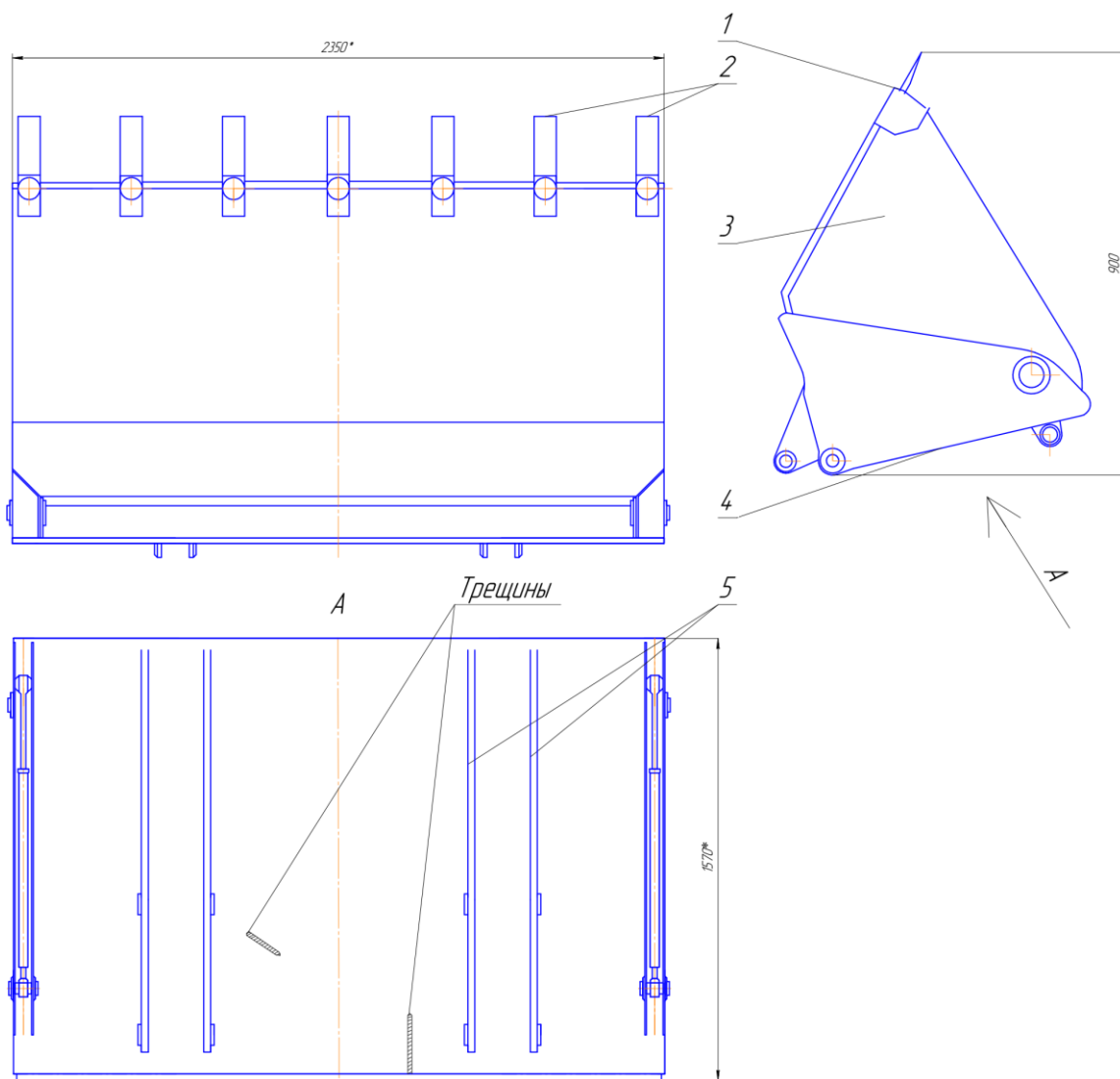


Рисунок 1 - Экскаватор ELAZ В1 880

Данный агрегат намного дешевле иностранных аналогов и имеет значительные преимущества в универсальности и многофункциональности позволяющий данной техники установить вспомогательное навесное оборудование такое как: ковш, щетки для чистки дорог, снегоуборочный отвал

и даже гидромолот и грунтовую фрезу, которая подходит, не для каждой техники.

Основным оборудованием экскаватора является ковш рисунок 2. Применяется ковш для насыпи грунта, а также для раскопки котлованов и траншей, и других вспомогательных задач.



1 - режущая часть; 2 - сменные зубья; 3 - боковая стенка с режущей кромкой;

4 - задняя стенка; 5 - рёбра жёсткости

Рисунок 2 - Ковш экскаватора ELAZ B1 880



Рассматриваемый в данной выпускной квалификационной работе ковш представляет собой жесткую сварочную металлоконструкцию из стали 15ХСНД.

На рисунке 2 представлен состав ковша ELAZ В1 880 в него входят:

- 1) Режущая часть (длина 2350 мм);
- 2) Боковых стенки 2 шт. с режущими кромками длиной (900 мм);
- 3) Задней стенкой (1570мм);
- 4) Сменные зубья 7 шт.

## **1.2 Сведения о материале ковша экскаватора ELAZ 880 В1 и оценка его свариваемости**

Сталь 15ХСНД, которая является низколегированной хромокремненикелевой конструкционной сталью, используется для изготовления элементов ковша и других металлических конструкций. Она широко применяется в промышленности и обладает хорошими механическими свойствами, которые представлены в таблице 2. Сталь 15ХСНД может быть использована в условиях средней температуры окружающей среды от -70 до +425 °С и выдерживает давление. В некоторых случаях сталь 16Г2АФ может рассматриваться как альтернатива стали 15ХСНД.

Таблица 1 – Химический состав стали 15ХСНД в соответствии с ГОСТ 19281-2014

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,09	0,5	0,7	0,3	0,04	0,035	0,9	0,4

Таблица 2 – Механические свойства стали 15ХСНД в соответствии с ГОСТ 19281-2014

$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{т}$ , МПа	$\delta$ , %
740	640	20

Сталь 15ХСНД имеет сильную склонность к образованию закалочных структур [7]. После анализа литературных источников стало понятно, что при ремонтной сварке деталей и агрегатов узлов из стали 15ХСНД часто проявляются дефекты такие как: 1) Горячие трещины; 2) Непровар сварного шва; 3) Пористость шва. При тщательном анализе корневых причин появления горячих трещин следует подчеркнуть, что:

- появляется задержка между сваркой и последующей термообработкой.
- происходит быстрое охлаждение металла шва.- низкое качество основного металла.

На рисунке 3 представлен пример горячих трещин, которые могут возникать ремонтной сварки ковша ELAZ В1 880.



Рисунок 3 – Горячие трещины

Конструкция ковша подвергается различным нагрузкам и деформациям, что в результате приводит к образованию трещин разной длины [30]. Из способов борьбы с горячими трещинами можно произвести пример, который заключается в тщательном заплвлении кратеров, из-за которых собственно говоря и возникают трещины.

Так же рассмотрим способы борьбы с проблемами при сварке стали 15ХСНД. «Действенным средством против образования закалочных структур при сварке стали 15ХСНД является предварительный подогрев, который способствует перлитному превращению. Путём изменения скорости охлаждения становится возможным получение желаемой твёрдости металла в зоне термического влияния. Далее рассмотрим способ борьбы с непроварами нужно учесть» [24]. «Выбор параметров режима сварки должен выполняться с учётом построенной для стали 15ХСНД термокинетической диаграммы рисунок 4 [26]. Эта диаграмма показывает начало и окончание аустенитного превращения при различных скоростях охлаждения металла. Как видно из диаграммы, увеличение скорости охлаждения приводит к измельчению структуры в зоне термического влияния и повышению её твёрдости. Образование закалочных структур при сварке стали 15ХСНД происходит в случае превышения скорости охлаждения критической скорости» [12].

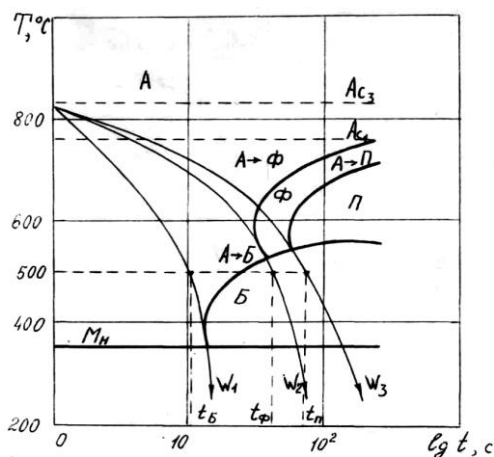


Рисунок 4 – Термокинетическая диаграмма для стали 15ХСНД

Как правило, для сварки этих сталей применяют электроды марки ДСК-50 d = 5-6 мм. Данные по химическому составу приведены ниже в таблице 3 и механические свойства электрода приведенной в таблице 4. В роли аналога данного электрода можно применить Э55, перед сваркой электроды нужно прокалывать.

Таблица 3 – Химический состав электродов Э50А в соответствии с ГОСТ 9467-75

С	Si	Mn	Ni	S	P
0,09	0,42	0,83	0,3	0,022	0,024

Таблица 4 – Механические свойства металла шва Э50А в соответствии с ГОСТ 9467-75

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %
740	410	29

### **1.3 Базовая технология ремонтной сварки ковша экскаватора ELAZ В1 880**

Технология ремонтной сварки ковша ELAZ 880В1, предусматривает выполнение следующих операций: 1) Входной контроль; 2) Разделка кромок; 3) Сверление отверстий; 4) Зачистка под сварку; 5) Обезжиривание поверхности; 6) Заварка трещины; 7) Контроль качества готовой продукции.

Первой операцией производится входной контроль.

«Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению работы;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;

- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;
- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен научно технической документации или производственной научной документации)» [8].

На второй операции производится разделка кромок трещины-кромкофрезерной машиной с торцевой фрезой.

Затем производится сверление отверстий на концах трещины, а также их последующее зенкерование. На четвертом этапе осуществляется выполнение зачистки путем шлифования места под сварку, с применением шлифовальной машины.

Далее выполняется обезжиривание обработанной поверхности растворителями.

На шестой операции выполняется заварка трещины. Ремонтную сварку можно произвести с помощью сварочного выпрямителя ВД-252 или аналогов. Для сварки используется прямой постоянный ток. Электроды применяют марки ДСК-50  $d = 5-6$ мм (ГОСТ 9467-75), так же возможно применение аналогов.

Завершающей операцией является контроль качества. После ремонтной сварки прошедший контроль ковш эскалятора перемещают на участок подготовительной окраски.

#### **1.4 Обоснование выбора способа ремонтной сварки ковша экскаватора ELAZ B1 880**

«Выбор способа сварки предусматривает анализ конструктивных особенностей изделия, возможностей конкретного производства и местоположения, а также достижений в области сварочных технологий.

В числе основных критериев, на которые следует обратить внимание при выборе способа сварки, следует назвать» [2, 20]:

- 1) свойства и толщина металла заготовок;
- 2) геометрия сварных швов;
- 3) рекомендуется отдавать предпочтение механизированным методам сварки перед ручными, а также автоматическим методам перед механизированными, при выборе метода сварки.
- 4) оценка преимуществ и недостатков способов сварки.

**Анализ свойств и толщины заготовок.** Так как сварная конструкция изготавливается из стали 15ХСНД, нет ограничений в отношении свариваемости.

Рассмотрим различные способы сварки, которые могут быть применены:

Ручная дуговая сварка с использованием штучных электродов;

Механизированная сварка с использованием самозащитной порошковой проволоки;

Автоматическая сварка под флюсом;

Аргонодуговая сварка.

При анализе геометрии сварных швов для данной конструкции ковша, которая требует сварки с протяженными швами, рекомендуется использование следующих методов:

Автоматическая сварка под флюсом;

Автоматическая сварка с использованием проволоки сплошного сечения в защитных газах.

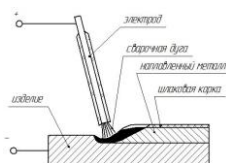


Рисунок 5 – Схема осуществления ручной электродуговой сварки штучными электродами

В настоящее время ручная дуговая сварка покрытыми электродами, которая используется для сварки конструкций, теряет свою популярность из-за многих недостатков, присущих этому способу сварки. В первую очередь это связано с низкой производительностью сварочных работ, поскольку уже достигнут предел увеличения скоростей сварки и наплавки за счет оптимизации режимов сварки и использования соответствующих сварочных материалов. Кроме того, сварщики, использующие этот метод, подвергаются воздействию тяжелых условий труда, которые могут привести к профессиональным заболеваниям и потребовать дополнительных расходов для обеспечения безопасности. Также недостатками являются недостаточно стабильное качество сварки, зависящее от профессионализма и опыта сварщика, и повышенный расход расходуемого электродного материала из-за подгорания, брызг и огрызков электродов. Из-за всех этих недостатков этот метод сварки уступает место более эффективным и перспективным способам.

Рассмотрим способ сварки в смеси защитных газов для ремонтной сварки ковша экскаватора (рисунок б).

Этот способ отличается высокой производительностью, улучшением привилегии сварщика включают в себя благоприятные условия работы и возможность сварки в любой ориентации.

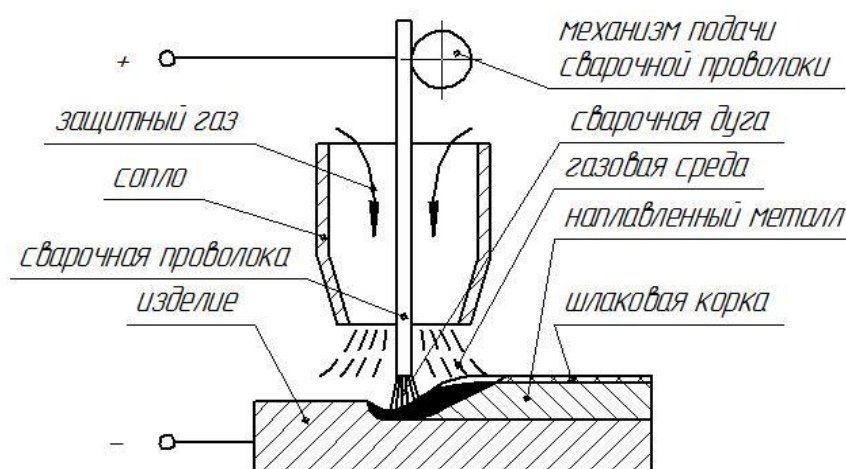


Рисунок б – Схема проведения сварки с использованием защитных газов.

Известно, что данный способ сварки обладает рядом недостатков. «Можно выделить следующие недостатки при сварке в смеси защитных газов: наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика), повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла), низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин).

Так же хорошо известно, что значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ» [14, 15, 27, 28, 29]. «Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну» [18, 26].

Сварка самозащитными порошковыми проволоками, (рисунок 7) хорошо сочетает в себе преимущества ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах. Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [17, 26].

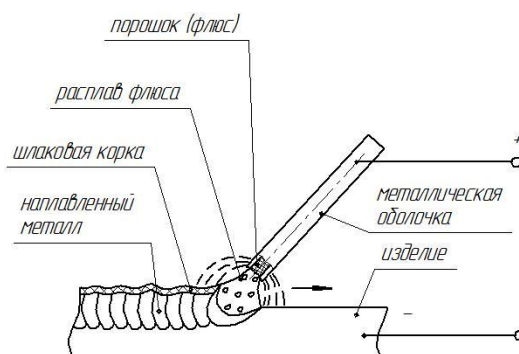


Рисунок 7 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой



Тем не менее, сварка самозащитной порошковой проволокой с сердечником имеет несколько недостатков. Прежде всего, необходимо удалить шлаковое покрытие с поверхности сварного шва. Кроме того, расход порошковой проволоки с сердечником сравнительно велик. Потом, она может приводить к образованию пор и шлаковых включений из-за сильного порообразования. В заключение, необходимо преодолевать проблему заломов сварочной проволоки, возникающих из-за ее излишней гибкости. Выводом является то, что данный метод сварки является дорогостоящим и требует значительных затрат, особенно при ремонтной сварке ковша экскаватора.

Известно, аргодуговая сварка (рисунок 8) это разновидность электродуговой сварки, только с неплавящимся электродом и другим принципом защиты сварочной ванны. Дуга зажигается между изделием, к которому присоединена масса, и вольфрамовым электродом [25]. Он не плавится, зато температуры дуги достаточно, чтобы плавить кромки металла. Колебаниями электрода можно управлять сварочной ванной, регулируя скорость сварки, ширину шва, глубину проплавления. Так же данная сварка для ремонта ковша имеет ряд преимуществ, такие как: «надежная изоляция от окружающей среды, повышение качества и отсутствие нарушений кристаллической решетки в соединенной поверхности, показательная тепловая мощность дугового разряда, что положительно сказывается на качестве и скорости сварки, весь процесс может быть произведен под наблюдением» [1]. Однако недостатки данной сварки заключаются в том, что оборудование в настройке сложное, а квалификация сварщика напрямую будет влиять на производительность.

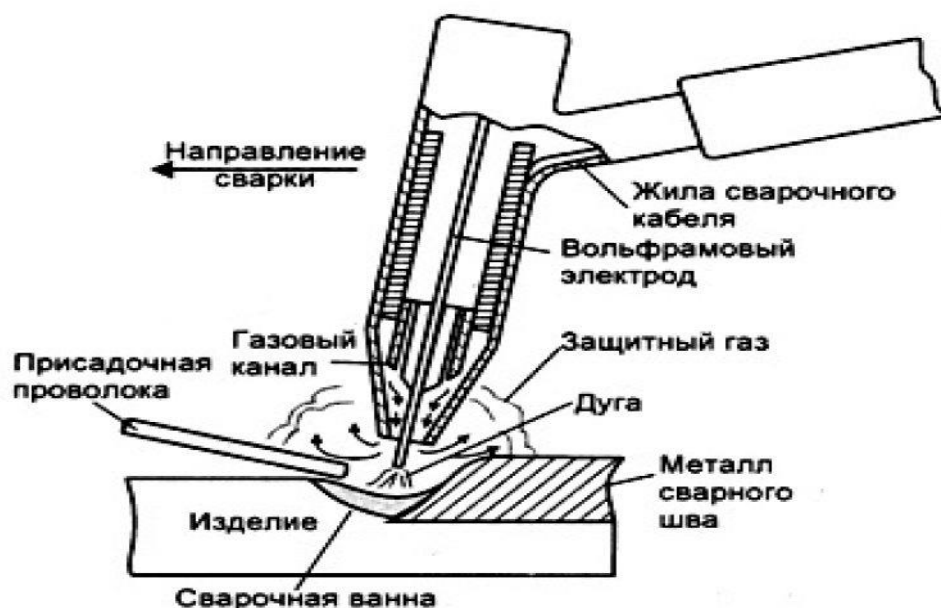


Рисунок 8 – Схема осуществления аргонодуговой сварки

Следовательно, на основании проведенного анализа возможных способов сварки был выбран метод механизированной сварки в защитных газах с использованием проволоки сплошного сечения.

### 1.5 Формулировка задач выпускного квалификационного проекта

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в повышении производительности сварочных процессов при ремонтной сварке ковша экскаватора ELAZ B1880. Введение работы сфокусировано на этой цели.

Анализ конструкции изделия позволяет предположить, что оно обладает высокой технологичностью, что подтверждает целесообразность автоматизации сварки его соединений. В настоящее время базовая технология ремонтной сварки ковша использует подход ручной дуговой сварки с использованием стержневых электродов.

Следует подчеркнуть, что сварка стержневыми электродами имеет некоторые недостатки.

Проблемы, которые возникают во время сварки, включают значительное разбрызгивание электродного металла, ограничивающее выбор сварочного тока и снижающее эффективность, а также приводящее к потерям металла. Дополнительной проблемой является низкая пластичность наплавленного металла.

После изучения различных методов сварки было принято решение о замене ручной сварки стержневыми электродами механизированной сваркой сплошной проволокой в защитных газах.

Исходя из изложенного, задачи выпускной квалификационной работы могут быть сформулированы следующим образом:

- Разработка технологического процесса ремонтной сварки ковша экскаватора ELAZ B1880.

- Определение наиболее подходящего оборудования для выполнения ремонтной сварки ковша, представленного в проекте.

## 2 Технологический процесс ремонта ковша экскаватора ELAZ 880BL

Проектный технологический процесс ремонта ковша экскаватора, включает в себя операции: 1) Дефектация; 2) Очистка поверхности; 3) Выборка дефектов; 4) Обезжиривание поверхностей, 5) Ремонтная сварка; 6) Контроль качества.

### 2.1 Дефектация

В начале проектной технологии проводится дефектация. Осматривается поврежденная область ковша (рисунок 9). Рабочий размечает все дефекты, имеющиеся на изделии маркером. Освещение должно быть не менее 500 Лк. Вспомогательные приспособления: лупа, рулетка, штангенциркуль.



Рисунок 9 – Дефектация ковша экскаватора

## 2.2 Очистка поверхности

Вторым этапом необходимо произвести очистку ковша от ржавчины, старой краски и других загрязнений с помощью шлифовальной машины ИЭ-2106 (рисунок 10). Важно проверить соответствие насадки техническим требованиям и начинать только после достижения болгаркой максимальных оборотов. После чего стропальщик закрепляет стропы за проушину ковша и с помощью мостового крана устанавливают ковш экскаватора в положение «вверх днищем», для предоставления к трещине на задней стенке ковша.



Рисунок 10 – Очистка поверхности ковша экскаватора

## 2.3 Выборка дефектов

На третьем этапе операции оператору необходимо произвести разделку кромок. Трещины разделяются кромкофрезерной машиной ЕКФ 450 с торцевой фрезой, выдерживая размеры, угол разделки кромок  $25^{\circ} \pm 2$ . Разделку трещины нужно выполнить на всю глубину до чистого металла. Подготовленные кромки под ремонтную сварку должно соответствовать ГОСТ 14771-78. Затем на концах трещины просверливаются отверстия

диаметром 7 мм. Эта операция выполняется с помощью сетевой ударной дрели ZDU-780 ERKM2 (рисунок 11).



Рисунок 11 - Выборка трещин на участке ковша экскаватора

#### **2.4 Обезжиривание поверхности**

После выборки дефектов после четвертой операции поверхность обезжиривается. Для выполнения этой операции используется растворитель 646 (рисунок 12). Перед обезжириванием поверхность следует тщательно просушить. После промежутка времени, когда раствор испарится, так же следует просушить поверхность.



Рисунок 12 – Обезжиривание участка ковша экскаватора

## 2.5 Ремонтная сварка ковша ELAZ 880 В1

Для обеспечения защиты сварочной ванны и предотвращения перегрева металла рекомендуется использовать газовую смесь, состоящую из 70% аргона и 30% диоксида углерода. Во время сварки следует использовать сварочную проволоку, соответствующую стандарту ГОСТ 2264, а упаковка материалов должна соответствовать требованиям технических условий (ТУ) на эти материалы. Каждая кассета с проволокой должна быть маркирована несмываемой краской и храниться в закрытых помещениях при температуре не ниже +15 °С, чтобы избежать повреждения проволоки. В соответствии с условиями поставки сварочная проволока может иметь различную отделку, такую как полировка, лужение или покрытие флюсом. Перед началом сварочных работ необходимо проверить исправность пусковой системы и герметичность всех шлангов. Очень важно, чтобы предприятие-изготовитель имело сертификаты на сварочную проволоку, подтверждающие ее качество. Компания Lincoln Electric поставляет проволоку марки L-56 диаметром 1,14 мм сплошного сечения, которая используется для механизированной сварки коротких швов.

Таблица 5 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 6 – Механические свойства наплавленного металла проволокой SuperArc L-56

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа+ а	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -20 °С, Дж
564	468	29	54

Для выполнения сварки швов малой протяжённости применим источник питания Invertec STT-II и полуавтомат LF-33 (рисунок 13).

Таблица 7 – Параметры сварочного режима при использовании проволоки SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, мм/мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Базовый ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
228...170	400...420	150...170	35...55	10...12	10...16

При сварке оператор следит за контролем двух параметров: сварочным режимом и размерами наносимых слоев шва, а также конечными размерами шва.



Рисунок 13 - Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в смеси защитных газов



## 2.6 Контроль качества

Завершающим этапом является контроль качества (рисунок 14). Сварные соединения стальных конструкций должны подчиняться требованиям:

- внешний осмотр с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100 %;

- неразрушающими методами в объеме не менее 0,5 % длины швов.

После исправления выявленных недопустимых дефектов при внешнем осмотре, необходимо проводить процесс, который используется для проверки качества сварных соединений конструкций без их разрушения - неразрушающий контроль швов. Для проверки качества сварных соединений, как предусмотрено в проекте, выборочный контроль должен включать участки, на которых были обнаружены дефекты при внешнем осмотре, а также участки пересечения швов.



Рисунок 14 – Контроль качества сварных соединений

## 3 Выбор оборудования для ремонта ковша экскаватора

### 3.1 Шлифовальная машина

Угловая шлифовальная машина (рисунок 15) это ручной электроинструмент, предназначенный для зачистки и резки металлических, цементных, гранитных и мраморных поверхностей. При использовании специальной оснастки такой как “Щетка чашка” можно выполнить грубую обработку поверхности от оксидов и других нежелательных загрязнений на металле.

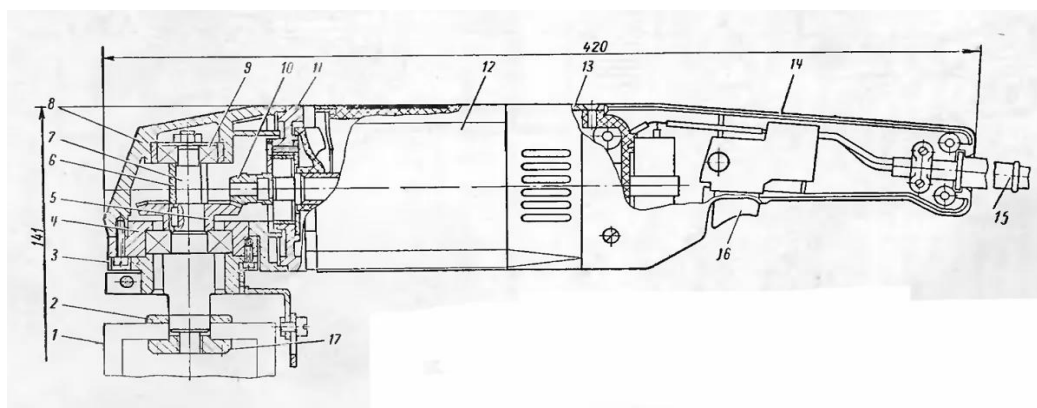


Рисунок 15 - Угловая шлифовальная машина ИЭ-2106

Общее устройство УШМ ИЭ-2106: 1 - шлифовальный круг; 2 - фланец; 3 - крышка; 4 - стакан; 5 - зубчатое колесо; 6 - втулка; 7 - шпиндель; 8 - корпус редуктора; 9 - подшипник; 10 - шестерня; 11 - промежуточный щит; 12 - электродвигатель; 13 - крышка щеткодержателя; 14 - ручка; 15 - трубка; 16 - выключатель; 17 – фланец.

Технические характеристики шлифовальной машины: 1) Мощность - 0,6 кВт; 2) Частота вращения - 7200 об/м; 3) Напряжение - 220 В; 4) Производительность - 30 м<sup>2</sup>/ч; 5) Диаметр диска - 80 мм; 6) Габариты - 420x108x141 мм.

### 3.2 Кромкофрезерная машина

Ручная кромкофрезерная машина ЕКФ 450 с торцевой фрезой (рисунок 16) предназначена для обработки прямолинейных, а так же наружных или внутренних радиусных кромок на листовых материалах и трубах различного сечения изготовленных из углеродистых и нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов, а так же твердых полимеров.



Рисунок 16 – Кромкофрезерная машина ЕКФ 450 с торцевой фрезой

Технические характеристики шлифовальной машины:

- 1) Мощность - 1,5 кВт;
- 2) Частота вращения - 6000 об/м;
- 3) Напряжение - 220 В;
- 4) Радиус фаски - 2,5;
- 5) Габариты - 330x138x295 мм.

### 3.3 Ударная дрель

Сетевая ударная дрель ЗДУ-780 ЭРКМ2 это ручной электроинструмент, предназначенный для сверления отверстий в различных материалах. Плавное начало сверления предотвращает увод сверла и обеспечивает правильность выполнения отверстий, а сам инструмент надёжно зафиксирован благодаря ключевому патрону.



Рисунок 17 – Сетевая ударная дрель ЗДУ-780 ЭРКМ2

Технические характеристики ударной дрели:

- 1) Мощность – 0,78 кВт;
- 2) Частота вращения – 0-3000 об/м;
- 3) Напряжение - 220 В;
- 4) Частота ударов 0-48000 уд/м;
- 5) Максимальный диаметр сверления металла – 10 мм;
- 6) Габариты 320x280x80 мм.

### 3.4 Источник питания и подающий механизм

Инверторный источник питания Invertec STT II (рисунок 18) «предназначенный для дуговой сварки в защитном газе он позволяет реализовать процесс переноса расплавленного металла с электрода на изделие с помощью сил поверхностного натяжения. Данный аппарат не является ни стабилизатором тока, ни стабилизатором напряжения. В отличие от обычных машин, применяемых при полуавтоматической сварке в режиме коротких замыканий, источник типа STT осуществляет динамичный контроль и корректировку формы сварочного тока, протекающего по электроду, на протяжении каждого цикла короткого замыкания, значительно понижая таким образом разбрызгивание и газообразование» [16].

Механизм подачи проволоки LF33 предназначен для эксплуатации в тяжелых условиях. Во время разработки этого механизма основное внимание уделялось прочности конструкции, компактности и простоте применения. Механизм подачи проволоки с 4-х роликовым блоком протяжки. Совместим с источниками сварочного тока Invertec STT II для сварки корневого прохода с формированием обратного валика.

Проволока сварочная LE SUPERARC L-56 (рисунок 19) это серия омедненных проволок для сварки в среде защитного газа с применением полуавтоматического метода лучшего качества. Проволока гарантирует исключительные сварочные характеристики и бесперебойную работу подающих механизмов. Диаметр, жёсткость и толщина медного слоя точно выдерживаются по всей длине проволоки. Поверхность проволоки обрабатывается специальным кондиционирующими присадками для ровной непрерывной подачи проволоки обеспечивает хорошее смачивание шва, минимальное разбрызгивание и незначительное приложения сил для зачистки шва после сварки. Имеется сертификация сочетания метода STT II и проволоки L56.



Рисунок 18 - Модель Invertec STT II оснащена механизмом подачи проволоки LF-33

Технические характеристики: 1) Скорость подачи проволоки 1-20 м/мин; 2) Сварочный ток 125-425А; 3) Напряжение – 220/380В; 4) Диаметр подаваемой проволоки - 1,14 мм; 5) Расход газа 10-12 л/мин; 6) Номинальная мощность 225А/29В/60%, 200А/28В/100%. 7) Габариты источника питания – 589х336х620 мм 8) Габариты механизма подачи – 440х270х636 мм.



Рисунок 19 – Проволока сварочная LE SUPERARC L-56

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики ремонта ковша экскаватора.

Тема бакалаврской работы: Технология и оборудование для реализации ремонта ковша экскаватора. Участок, на котором производится ремонт ковша экскаватора предусматривает четыре рабочие зоны: 1) дефектация и контроль качества; 2) очистка поверхности и выборка дефектов; 3) обезжиривание; 4) ремонтная сварка (рисунок 19).

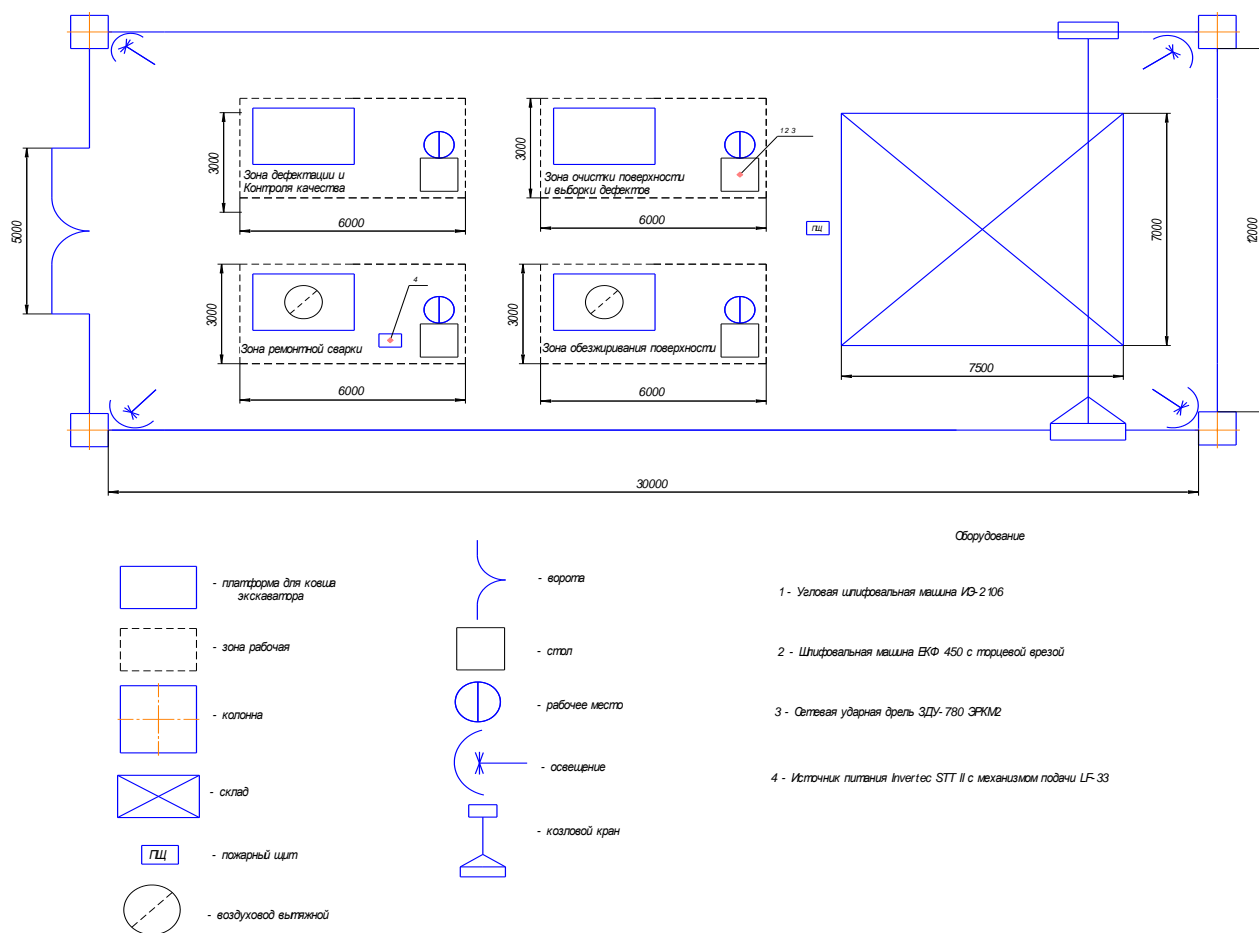


Рисунок 19 – Планировка участка ремонта ковша экскаватора

№ п/п	«Технологический процесс» [4]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [4]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [4]	Под этим термином подразумеваются различные инструменты, устройства и оборудование, используемые в технических процессах и промышленности.	«Материалы, вещества» [4]
1	Ремонта ковша экскаватора	Очистка поверхности	Слесарь-ремонтник	Угловая шлифовальная машина ИЭ-2106	Щётка «Чашка»
2	Ремонта ковша экскаватора	Выборка дефектов	Слесарь-ремонтник	Кромкофрезерная машина ЕКФ 450 с торцевой фрезой, сетевая ударная дрель ЗДУ-780 ЭРКМ2	Диск для снятия фаски, твёрдосплавное сверло
3	Ремонта ковша экскаватора	Обезжиривание поверхности	Слесарь-ремонтник	Растворитель 646, Малярная кисть 100 мм, салфетка безворсовая	резиновые перчатки, респиратор, защитные очки
4	Ремонта ковша экскаватора	Ремонтная сварка	Электросварщик	Источник питания Invertec STT, Полуавтомат с механизмом подачи LF-33	Проволока сплошного сечения LE SUPERARC L-56, Газовая смесь



## 4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Таблица 9 - Идентификация профессиональных рисков» [4]

№ п/п	«Производственно-технологическая и или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [4]	«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Источник опасного и или вредного производственного фактора» [4]
1	Очистка поверхности	движущиеся и вращающиеся детали и узлы; повышенный уровень вибрации и шума; возможность поражения электрическим током	Угловая шлифовальная машина ИЭ-2106
2	Выборка дефектов	движущиеся и вращающиеся детали и узлы; возможность поражения электрическим током; острые кромки, заусенцы и не обработанные края металлической конструкции; вылетающая стружка; повышенный уровень шума	Кромкофрезерная машина ЕКФ 450 с торцевой фрезой, сетевая ударная дрель ЗДУ-780 ЭРКМ2
3	Обезжиривание поверхности	контакт с растворителем и его парами	Растворитель 646
4	Ремонтная сварка	искры, брызги расплавленного металла; повышенная запыленность и загазованность воздуха; возможность поражения электрическим током; опасные и вредные производственные факторы, связанные с высокой температурой материалов, имеющие возможность нанести ожоги; инфракрасное и ультрафиолетовое излучение	сварочный источник питания; сварочная дуга; Газовая смесь;

## 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Таблица 10 - Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков» [4]

№ п/п	«Опасный и или вредный производственный фактор» [4]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и или вредного производственного фактора» [4]	Это различные приспособления и средства, используемые для защиты работника от возможных опасностей и рисков на рабочем месте.
1	-движущиеся и вращающиеся детали и узлы	Использование барьеров для ограничения доступа персонала в опасные зоны и размещение информационных материалов, таких как плакаты и таблички, на специально отведенных местах.	Защитные очки
2	-повышенный уровень вибрации	Применение вибропоглощающих покрытий, приводящих к снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции, общее время контакта с вибрирующими машинами на протяжении смены не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня	Рукавицы с защитными прокладками

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
3	-повышенный уровень шума	применение средств индивидуальной защиты органов слуха от воздействия шума, проведение предварительных и периодических медицинских осмотров	Противошумные наушники
4	-возможность поражения электрическим током	Предпринятие мер по созданию защитного заземления, проведение регулярных инструктажей по технике безопасности, а также периодическое контрольное измерение уровня изоляции и сопротивления заземляющей цепи.	спецодежда
5	острые кромки, заусенцы и не обработанные края металлической конструкции	Расположение информационных плакатов и табличек на специально отведенных местах и проведение инструктажей с персоналом по вопросам техники безопасности.	защитный кожух, рукавицы
6	контакт с растворителем и его парами	Присутствие вентиляционной системы, обеспечивающей отсасывание вредных веществ в рабочей зоне, а также проведение инструктажей с персоналом по вопросам техники безопасности.	резиновые перчатки, респиратор, защитные очки

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
7	Повышенная поверхностная температура оборудования	Это процесс, включающий в себя проведение инструктажей с персоналом по вопросам безопасности, а также внедрение механизации и автоматизации основных и вспомогательных операций в технологическом процессе.	рукавицы
8	инфракрасное излучение	применение защитных экранов, размещение ограждений, препятствующих распространению инфракрасного излучения в опасном помещении	Сварочная маска

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности

«Таблица 11 - Идентификация классов и опасных факторов пожара» [4]

№ п/п	«Участок, подразделение» [4]	«Оборудование» [4]	«Класс пожара» [4]	«Опасные факторы пожара» [4]	Дополнительные проявления пожарных факторов
1	2	3	4	5	6
1	Зона очистки и выборки дефектов	Угловая шлифовальная машина ИЭ-2106, кромкофрезерная машина ЕКФ 450 с торцевой фрезой, сетевая	Пожары, которые происходят из-за электроустановок, находящихся под напряжением Е, возникает горение веществ и материалов	пламя и искры	Если проводящие элементы технологических установок, оборудования и агрегатов подвергнуть высокому электрическому

		ударная дрель ЗДУ-780 ЭРКМ2			напряжению, это может привести к образованию токсичных веществ и материалов. В случае возгорания технического объекта и технологического оборудования, такие вещества могут выделяться в окружающую среду, а также возможны опасные факторы взрыва, связанные с пожаром.
--	--	--------------------------------	--	--	--

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6
2	Зона обезжиривания поверхности	Растворитель 646	Это относится к пожарам, которые возникают при горении жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В).	Эти факторы могут возникнуть в результате возгорания, включая выделение тепловой энергии, повышение температуры окружающей среды, увеличение концентрации токсичных продуктов горения и распада, а также снижение видимости из-за образования густого	
3	Зона ремонтной сварки	Источник питания Invertec STT; Полуавтомат с механизмом подачи LF-33; Газовая смесь	Пожары, вызванные воспламенением и сгоранием газов (категория С); пожары, связанные с воспламенением и сгоранием веществ и материалов в электрическом оборудовании, находящемся под напряжением (категория Е)");	Эти признаки могут быть связаны с пожаром, включая появление пламени и искр, высокий уровень теплового потока, повышение температуры окружающей среды, а также ухудшение видимости в областях с пылевым или дымным	Эти риски могут быть связаны с пожаром, включая возможность коротких замыканий на оборудовании, работающем под высоким напряжением, а также воздействие на людей, находящихся рядом с горящими веществами и продуктами разложения, используемыми для тушения пожара.

«Таблица 12 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [4]

«Первичные средства пожаротушения» [4]	«Мобильные средства пожаротушения» [4]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [4]	«Средства пожарной автоматики» [4]	«Пожарное оборудование» [4]	«Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре» [4]	«Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)» [4]	«Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [4].
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Пожарные автомобили (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Нет необходимости	План эвакуации	Имеются конусообразное ведро, лом и штыковая лопата."	Кнопка оповещения

«Таблица 13 - Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [4]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [4]	«Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [4]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [4]
Это относится к процессу сварки, при котором используется механизация и проволока сплошного сечения, а также защитные газы для создания оптимальной среды для сварки.	«Проведение инструктажа с сотрудниками производственного участка по технике безопасности при замыкании электрических цепей или возгорании и действиям к устранению происшествий	Для обеспечения безопасности необходимо иметь достаточное количество первичных средств пожаротушения на участке и регулярно проверять изоляцию и сопротивление заземления. Также целесообразно установить защитные экраны для предотвращения разлета искр.

## 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Таблица 14 - Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [4]

<p>«Наименование технического объекта, производственно - технологического процесса» [4]</p>	<p>«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [4]</p>	<p>«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова)» [4]</p>
<p>Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения</p>	<p>Дефектация; очистка поверхности; выборка дефектов; обезжиривание; ремонтная сварка; контроль качества</p>	<p>Аэрозоли и газообразные частицы, образующиеся в процессе сварки.</p>	<p>Нет необходимости</p>	<p>Отходы упаковочного материала от присадочных материалов, а также бытовой и производственный мусор</p>



«Таблица 15 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [4]

«Наименование технического объекта» [4]	«Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения» [4]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [4]	Это означает добавление дополнительных фильтров в вентиляционную систему для улучшения ее функциональности и уменьшения
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [4]	Нет необходимости
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [4]	"Это означает размещение контейнеров на рабочей зоне для сбора отходов, а затем их обработки или утилизации в соответствии с классификацией опасности отходов.

#### **4.6 Заключение по разделу безопасность и экологичность технического объекта выпускной квалификационной работы бакалавра**

Раздел, посвященный аспектам безопасности и экологической устойчивости выпускной квалификационной работы состоит из анализа предполагаемых экологических и производственных факторов, способствующих разрешению вопроса безопасности жизнедеятельности, экологии и пожарной безопасности при реализации на предприятии технического процесса ремонта ковша экскаватора.

При рассмотрении организационно-технических мероприятий для технологического процесса ремонта ковша экскаватора с применением механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, были выявлены опасные и вредные факторы, а также средства и методики, способствующие к устранению или уменьшению влияния данных факторов на персональных рабочих и производство.

После проведения анализа экологической безопасности предлагаемого

технологического процесса было установлено, что его внедрение не вызовет негативных последствий на воздействие на окружающую среду. В данном разделе представлены меры, направленные на уменьшение отрицательных экологических последствий, а также были разработаны конкретные меры для обеспечения безопасности персонала и имущества от возможных пожаров, включающие анализ опасных факторов пожара и рекомендации стандартных методов и средств для их предотвращения.

## 5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

### 5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчётов

Цель выпускной квалификационной работы - повысить производительность ремонта ковша экскаватора-погрузчика путем усовершенствования технологии сварки.

В настоящее время для ремонта ковша используется ручная дуговая сварка штучными электродами. Этот метод характеризуется низкой производительностью, тяжелыми условиями труда для сварщика и потерями материала из-за разбрызгивания расплавленного металла.

В рамках проекта предлагается использовать механизированную.

Таким образом, цель работы - повысить производительность ремонта ковша путем перехода с ручной дуговой сварки на механизированную сварку проволокой в защитных газах. Новый метод позволит увеличить скорость сварки, улучшить условия труда для сварщика и снизить потери материала.

Таблица 16 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [4]

«Наименование экономического показателя» [4]	«Условное обозначение в расчетах» [4]	«Единица Измерения» [4]	«Значение параметра экономической характеристики» [4]	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб/час	200	250
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	Кд	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Норма амортизации оборудования	На	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5
Площадь под оборудование	S	м <sup>2</sup>	360	360
Цена производственных площадей	Цпл	руб/м <sup>2</sup>	30000	30000
Стоимость эксплуатации площадей	Сзксп	(руб/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	100000	300000
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	3	3
Мощность оборудования	Муст	кВт	4,8	4,8
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	6,74	6,74
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [4]	Кзав	-	1,15	1,15

## 5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [4]:

$$F_n = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{cm}. \quad (1)$$

где « $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены в часах» [7]; « $D_p$  – общее число рабочих дней в календарном году» [7]; « $D_{п}$  – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [4]; « $T_{п}$  – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [4]; « $K_{см}$  – количество рабочих смен» [4].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

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

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [4]:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

где « $B$  – процент планируемых потерь рабочего времени» [7].

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

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

### 5.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [4]:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (3)$$

«где  $t_{шт}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]; « $t_{осн}$  – основное время – количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [4]:

$$t_{ум} = L_{шв} / V_{св} \quad (4)$$

где  $L_{шв}$  - сумма длин всех швов, м  $\sum L_{шв} = 1,1$  м;

$V_{св}$  - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч,  $V_{св} = 12$  м/ч;

$V_{св}$  — скорость сварки (базовый вариант), м/ч,  $V_{св} = 5$  м/ч.

Определяем основное время по формуле (6) для обоих вариантов:

$$t_{ОСНбаз} = 1,1/5 = 0,22$$

$$t_{ОСНпроект} = 1,1/12 = 0,09.$$

« $t_{ВСП}$  – вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ВСП} = 10\%$  от  $t_{ОСН}$ » [4]; « $t_{ОБСЛ}$  – наработка - количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОБСЛ} = 5\%$  от  $t_{ОСН}$ » [4]; « $t_{ОТЛ}$  – время личный досуг - объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОТЛ} = 5\%$  от  $t_{ОСН}$ » [4]; « $t_{П-З}$  – время подготовки-финальное - количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки - окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени:  $t_{ОП-З} = 1\%$  от  $t_{ОСН}$ .» [4].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$t_{ум.баз} = 0,22 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,26 \text{ ч.}$$

$$t_{ум.проектн.} = 0,09 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,10 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [4]:

$$П_г = F_э / t_{шт}. \quad (5)$$

«где  $F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]; « $t_{шт}$  – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [4]; «После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$П_{г.баз.} = 2054 / 0,26 = 7900 \text{ за год};$$

$$П_{г.проектн.} = 2054 / 0,10 = 20540 \text{ за год}.$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы  $Пг = 300$  ковшей в год» [4].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [4]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_г / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (6)$$

где « $Пг$  – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]; « $t_{шт}$  – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [4]; « $F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]; « $K_{вн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного

варианта технологий принимаем  $K_{\text{вн}} = 1,03$ )» [4].

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$n_{\text{расч. б.}} = 0,26 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,03;$$

$$n_{\text{расч. пр.}} = 0,10 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,01.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [4].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [4]:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n_{\text{пр.}} \quad (7)$$

где « $n_{\text{расч}}$  – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]; « $n_{\text{пр.}}$  – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4].

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$K_{zб} = 0,03 / 1 = 0,03;$$

$$K_{zn} = 0,01 / 1 = 0,01.$$



## 5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [4]:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{m-з}. \quad (8)$$

где « $C_m$  – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [4]; « $K_{m-з}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент затрат на оборудование по затратам на транспорт и подготовку» [4].

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$M_{баз.} = (1,9 \text{ кг} \cdot 110 \text{ р/кг} + 2,1 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 12 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 455 \text{ руб.}$$

$$M_{проектн.} = (4 \text{ кг} \cdot 60 \text{ р/кг} + 18 \text{ л} \cdot 10 \text{ р/л}) \cdot 1,05 = 420 \text{ руб.}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{осн}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$ » [4].

«Объём  $Z_{осн}$  основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д}. \quad (9)$$

где « $C_{ч}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [4]; « $K_{д}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [4].

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$Z_{осн.баз.} = 0,26 \cdot 200 \cdot 1,88 = 97,76 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,10 \cdot 200 \cdot 1,88 = 37,6 \text{ руб.}$$

«Объём  $Z_{доп}$  дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (10)$$

где « $K_{доп}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [4].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [4]:

$$Z_{доп.базов.} = 97,76 \cdot 12 / 100 = 11,73 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 37,6 \cdot 12 / 100 = 4,51 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{базов.} = 97,76 + 11,73 = 109,49 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 37,6 + 4,51 = 42,11 \text{ руб.}$$

«Объём  $O_{сн}$  отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (11)$$

где « $K_{сн}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [4].

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$O_{сс_{баз.}} = 109,49 \cdot 30 / 100 = 32,84 \text{ руб.}$$

$$O_{сс_{проектн.}} = 42,11 \cdot 30 / 100 = 12,63 \text{ руб.}$$

«Объём  $Z_{об}$  финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (12)$$

«где  $A_{об}$  – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7]; « $P_{ээ}$  – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций

технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4].

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4]:

$$A_{об} = C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш} / F_e \cdot 100. \quad (13)$$

где « $C_{об}$  – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [4]; « $H_a$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [4]; « $t_{маш}$  – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [4]; « $F_e$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$A_{об. баз.} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 0,26 / (2054 \cdot 100) = 1,72 \text{ руб.};$$

$$A_{об. пр.} = 300000 \cdot 21,5 \cdot 0,10 / (2054 \cdot 100) = 8,16 \text{ руб.}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [4]:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{ээ} / КПД. \quad (14)$$

где « $M_{уст}$  – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4];

« $C_{ээ}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [4];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [4].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$P_{\text{ээ баз}} = 4,8 \cdot 0,26 \cdot 6,74 / 0,7 = 12,1 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 4,8 \cdot 0,10 \cdot 6,74 / 0,85 = 3,8 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 1,72 + 12,1 = 13,82 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 8,16 + 3,8 = 11,96 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{\text{тех}}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + Осс + Зоб. \quad (15)$$

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 455 + 109,49 + 32,84 + 13,82 = 611,15 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 420 + 42,11 + 12,63 + 11,96 = 486,7 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{\text{цех}}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Зосн \cdot K_{\text{цех}}. \quad (16)$$

где « $K_{\text{ЦЕХ}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [5].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 611,15 + 1,5 \cdot 97,76 = 479,47 + 214,32 = 757,79 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 486,7 + 1,5 \cdot 37,6 = 269,68 + 45,12 = 543,1 \text{ руб.}$$

«Значение  $C_{\text{зав}}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Зосн \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

где « $K_{ЗАВ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [4].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$C_{ЗАВБаз.} = 757,79 + 1,15 \cdot 97,76 = 757,79 + 112,4 = 870,19 \text{ руб.};$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 543,1 + 1,15 \cdot 37,6 = 543,1 + 43,24 = 586,34 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 17» [4].

Таблица 17 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [4]

«ПОКАЗАТЕЛИ» [4]	«Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный» [4]
«1. Материалы	<i>М</i>	455	420
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	109,49	42,11
3. Отчисление на соц. нужды	<i>Осн</i>	32,84	12,63
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,72	8,16
5. Себестоимость технологич.	<i>Стехн.</i>	611,15	486,7
6. Себестоимость цеховая	<i>Сцех.</i>	757,79	543,1
7. Себестоимость заводская» [4]	<i>Сзав</i>	870,19	586,34

## 5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение  $K_{общ}$  капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [4]:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

где « $K_{\text{з}}$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [4];

« $C_{\text{ОБ.Б.}}$  – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [4];

« $n$  – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [4].

«Величину  $C_{\text{ОБ.Б.}}$  остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [4]:

$$C_{\text{об.б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100). \quad (19)$$

где « $C_{\text{ПЕРВ}}$  – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [4];

« $T_{\text{СЛ}}$  – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [4];

« $N_A$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [4].

«После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 100000 - (100000 \cdot 4 \cdot 21,5 / 100) = 14000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 1 \cdot 14000 \cdot 0,3 = 4200 \text{ руб.}$$

«Величину  $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$  суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [4]:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (20)$$

где « $K_{\text{ОБ.ПР}}$  – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии

проекта» [4];

« $K_{ПЛ.ПР}$  – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [4];

« $K_{СОП.ПР}$  – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [4].

«Объём  $K_{ОБ.ПР}$  капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [4]:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зн.} \quad (21)$$

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [4].

$$Ц_{об.пр.} = 300000 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 31500 \text{ руб.}$$

«Объём  $K_{СОП}$  сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле» [4]:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт.} \quad (22)$$

где « $K_{ДЕМ}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [4]; « $K_{МОНТ}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [4].

«Затраты  $K_{ДЕМ}$  на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчетным способом по формуле» [4]:

$$K_{ДЕМ} = Ц_{Б} \cdot K_{ДЕМ.} \quad (23)$$

где « $K_{ДЕМ}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [4].

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

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

«Стоимость  $K_{МОН}$  на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [4]:

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (24)$$

где « $K_{МОНТ}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [4].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [4]:

$$K_{монт} = 300000 \cdot 0,05 = 15000 \text{ руб.}$$

$$K_{сop} = 5000 + 15000 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 31500 + 20000 = 51500 \text{ руб.}$$

«Размер  $K_{ДОП}$  дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [4]:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ.} \quad (25)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [4]:

$$K_{ДОП} = 51500 - 4200 = 47300 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [4]:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_{г.} \quad (26)$$

где « $П_{г.}$  – принятое значение годовой программы» [4].

$$K_{удБаз} = 4200/300 = 14 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 51500/300 = 171,6 \text{ руб./ед.}$$

## 5.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [4]:



$$\Delta t_{um} = (t_{um \text{ б}} - t_{um \text{ np}}) \cdot 100 \% / t_{um \text{ б}}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [4].

$$\Delta t_{um} = (0,26 - 0,10) \cdot 100 \% / 0,26 = 61 \ \%.$$

«Прирост производительности труда  $\Pi_T$  при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [4]:

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{um} / 100 - \Delta t_{um}. \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [4].

$$\Pi_T = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 156,4 \ \%.$$

«Снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{tex}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [4].

$$\Delta C_{tex} = (C_{tex. \text{ б}} - C_{tex. \text{ np}}) \cdot 100\% / C_{tex. \text{ б}}. \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [4]:

$$\Delta C_{tex} = (611,15 - 486,7) \cdot 100\% / 611,15 = 20 \ \%.$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [4]:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (C_{зав}^{\text{б}} - C_{зав}^{\text{np}}) \cdot \Pi_2 \quad (30)$$

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [4].

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (870,19 - 586,34) \cdot 300 = 85155 \ \text{руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [4]:

$$Tок = Kдоп / \text{Эу.г.} \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [4].

$$Tок = 47300 / 85155 = 0,6 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [4]:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - Eн \cdot Kдоп. \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [4]

$$\text{Эг} = 85155 - 0,33 \cdot 47300 = 69546 \text{ руб.}$$

### **Выводы по экономическому разделу**

В экономической части выпускной квалификационной работы были изучены различные варианты организации производственного процесса, включая базовую и проектную технологии. Были рассчитаны основные экономические показатели для обеих технологий, такие как время на единицу продукции, себестоимость технологических операций, цеховая и заводская себестоимость, а также капитальные затраты.

В результате расчетов было установлено, что трудоемкость технологических операций сократилась на 61%, а производительность труда увеличилась на 156,4%. Снижение сопутствующих расходов и затрат на оплату труда снизило технологическую себестоимость на 20%. Предполагается, что внедрение проектной технологии приведет к ежегодной экономии в размере 85155 рублей, что позволит окупить затраты на внедрение за 0,6 года.

Для успешного внедрения проектной технологии необходимо разработать план действий, включающий этапы по подготовке производства и

переходу на новую технологию, обучению персонала, закупке оборудования и материалов.

Потенциальные риски внедрения проектной технологии могут включать несоответствие качества продукции требованиям заказчика, задержки в производственном процессе из-за нехватки квалифицированных сотрудников или оборудования, недостаточную подготовку персонала к работе с новым оборудованием, а также неожиданные технические проблемы при работе с новой технологией. Для снижения рисков необходимо провести тщательный анализ и планирование, а также предусмотреть резервные варианты действий в случае возникновения проблем..

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе основной целью являлось повышение производительности при ремонте ковша экскаватора Elaz 880 В1.

Благодаря проведенному литературному обзору. При рассмотрении различных видов сварки, была произведена замена электродуговой сварки штучным электродом к механизированной сварке в защитных газах проволокой сплошного сечения так как сварка по базовому варианту имеет явные недостатки такие как: низкая производительность сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях.

В процессе анализа различных вариантов сварки были изучены следующие методы: ручная сварка штучными электродами с использованием электродуговой сварки, сварка в среде защитных газов и сварка с использованием самозащитной порошковой проволоки, аргодуговая сварка.

При выборе подходящего оборудования к проектной технологии, было рассмотрено само оборудование и его параметры.

Выполнен анализ проектной технологии сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов и борьбы с ними.

С учетом вложений, ожидается годовой экономический эффект в размере 69546 рублей. Производительность труда увеличивается на 156,4%. С учётом вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производства по ремонту ковша экскаватора Elaz В1 880.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Аргонодуговой сварочный аппарат – конструкция и особенности [Электронный ресурс]. URL: <https://stankidarom.ru/stal/argonodugovoj-svarochnyj-apparat-konstruktsiya-i-osobennosti.html>
2. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
3. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных соединений / В.Н. Волченко. – М: Машиностроение. 1986. – 172 с.
4. Зубкова Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123 с.
5. Казаков Ю.В. Преддипломная практика/Сост-Тольятти: ТГУ, 2007-13 с.
6. Климов, А.С. Машиностроение. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы): электронно-методическое пособие / А.С. Климов – Тольятти: ТГУ, 2022. – 61 с.
7. Козулин.М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ, 2008-77 с.
8. Контроль качества сварочных работ и сварных соединений [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/4175670/page:18/>
9. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата. - Тольятти: ТГУ, 2020-39 с.
10. Моторин К.В. Методические указания по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. - Тольятти: ТГУ, 2020-7 с.
11. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие / С.М. Белинский, А.Ф. Гарбуль, В.Г. Гусаковский [и др.]; под ред. В.В. Смирнова. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.

- 12.Пермяков, М.Б. Повышение длительных эксплуатационных свойств металла зон сварных тавровых соединений большепролётных подкрановых балок / М.Б. Пермяков, М.И. Мышинский [и др.] // European Science – том 12. – № 2 – С. 17–20.
- 13.Положение о выпускной квалификационной работе: утверждено решением ученого совета Тольяттинского государственного университета № 25 от 28 апреля 2022 года. – Тольятти, 2022. – 31 с. – URL: [https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/Положение\\_о\\_ВКР\\_решение\\_УС\\_от\\_28.04.2022\\_№%2025.pdf](https://www.tltsu.ru/upravlenie/educational-methodical-management/regulatory-documents-of-educational-process/Положение_о_ВКР_решение_УС_от_28.04.2022_№%2025.pdf) (дата обращения: \*\*.\*\*.2022).
- 14.Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потапьевский. – Издание 2-е, недоработанное. – К.: ЭкоТехнолопя, 2007. – 192 с.
- 15.Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
- 16.Рекомендации по работе с машиной [Электронный ресурс]. URL: <https://www.manualsdir.ru/manuals/235083/lincoln-electric-stt-ii.html?page=10>
- 17.Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
- 18.Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
- 19.Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1979. – 462 с.

20. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н.П. Алёшина, Г.Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
21. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : изд-во ТГУ, 2007. 301 с.
22. Статья (Метиз)-Сварочные флюсы классификация и особенности. 2014.- С. 2-8.
23. 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.
24. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.
25. Baley, J.A. Gerenre de Ingenierfa de Soldadura and Configuraciones de la punta del electrode de tungsten– vol. 5-6. – P. 1197–1208.
26. Chernyshova E. P., Permyakov M. B. Architectural Town-Planning Factor and Color Environment // World Applied Sciences Journal. 2017 № 7 P. 371–384.
27. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, <sup>1</sup> 2. – S. 118-123.
28. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
29. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
30. Wilson, D.V. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel / D.V. Wilson, T.K. Tromans // Acta Metallurgica. – 1970. – vol. 18. – P. 1197–1208.