

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, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонта ковша фронтального погрузчика ТО-18

Студент

Д.А. Сманов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Снабжение новыми запасными частями предполагает затраты существенно более высокие, чем затраты на ремонт изношенных деталей машин. В связи с этим актуальным становится увеличение степени вторичного использования изношенных деталей, которые могут быть применены в технике и агрегатах вместо новых запасных частей. Выбракованная деталь в ходе износа теряет порядка 1...2 % от исходной массы металла, при этом прочность детали не уменьшается относительно новой детали. Поэтому с точки зрения экономии энергии и металла целесообразным будет повторное введение в эксплуатацию изношенных деталей.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления деталей машин на примере ковша фронтального погрузчика ТО-18Б.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения при построении проектной технологии ремонтной сварки. Была составлена проектная технология ремонтной сварки ковша погрузчика, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 629 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтных работ при восстановлении ковшей строительной техники.	7
1.1 Описание изделия и дефектов.	7
1.2 Сведения о материале ковша.	9
1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки.	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	17
2 Проектная технология ремонтной сварки ковша погрузчика.	18
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	18
2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.	21
2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки ковша погрузчика.	24
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков	33
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	35
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности	38
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	40
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	42
4.3 Расчет штучного времени	43
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	45

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников	56

Введение

Для прорыва в экономике Российской Федерации требуется развитие сети дорожных магистралей. Это приводит к увеличению нагрузок на дорожно-строительную технику и усиливает износ её элементов. В связи с этим решение вопроса обеспечения запасными частями и ремонта изношенных деталей машин будет определяющим. Как показывает практика, приблизительно 75 % запасных частей дорожно-строительной техники, которые были выбракованы в ходе проведения капитального ремонта, могут быть повторно использованы при условии проведения их ремонта [10], [20].

Снабжение новыми запасными частями предполагает затраты существенно более высокие, чем затраты на ремонт изношенных деталей машин. В связи с этим актуальным становится увеличение степени вторичного использования изношенных деталей, которые могут быть применены в технике и агрегатах вместо новых запасных частей. Выбракovaná деталь в ходе износа теряет порядка 1...2 % от исходной массы металла, при этом прочность детали не уменьшается относительно новой детали [12]. Поэтому с точки зрения экономии энергии и металла целесообразным будет повторное введение в эксплуатацию изношенных деталей [6].

Как показывает статистика дефектов отбракованных деталей строительной техники, на уменьшение толщины приходится порядка 52 % всех выбракованных деталей, на нарушение геометрии и формы – 13 %, на трещины и изломы – порядка 9 % [7], [13], [14].

Вопросами восстановления деталей машин длительное время занимались: В.В. Ефремов, В.И. Казарцев, Е.О. Патон, Н.Н. Рыкалин, Г.И. Зеленков, Ю.П. Шарпеев, другие отечественные и зарубежные учёные [2], [3], [7], [19], [23], [24], [25], решающие задачи восстановления изношенных деталей машин с применением сварочных технологий (дуговая и плазменная наплавка, напыление). На основании работ этих учёных

предложены наплавочные материалы и разработаны технологии восстановительной наплавки, которые не только позволяют вернуть эксплуатационные свойства изношенным деталям, но и существенно их повысить.

В настоящее время ведётся обслуживание транспортных связей Мирнинского района, по территории которого проходит магистральный газопровод «Тас-Юрях – Мирный – Светлый». Общая протяжённость эксплуатируемых дорог составляет 4 тыс. км, При этом дорогами круглогодичной эксплуатации являются 30 %, а 70 % - дороги зимней эксплуатации, т.н. «автозимники». Именно по зимникам осуществляется основной завоз с применением автомобильного транспорта. Протяжённость автозимников по маршруту г. Усть-Кут – НПУ-100 составляет 1020 км.

При прокладке дорог используется специализированная строительная техника, широкое применение получили фронтальные погрузчики, которые позволяют выполнять погрузочно-разгрузочные работы мелкокусковых и сыпучих материалов. Также при помощи универсального ковша имеется возможность формирования поверхностей, сборки мусора, засыпки траншей.

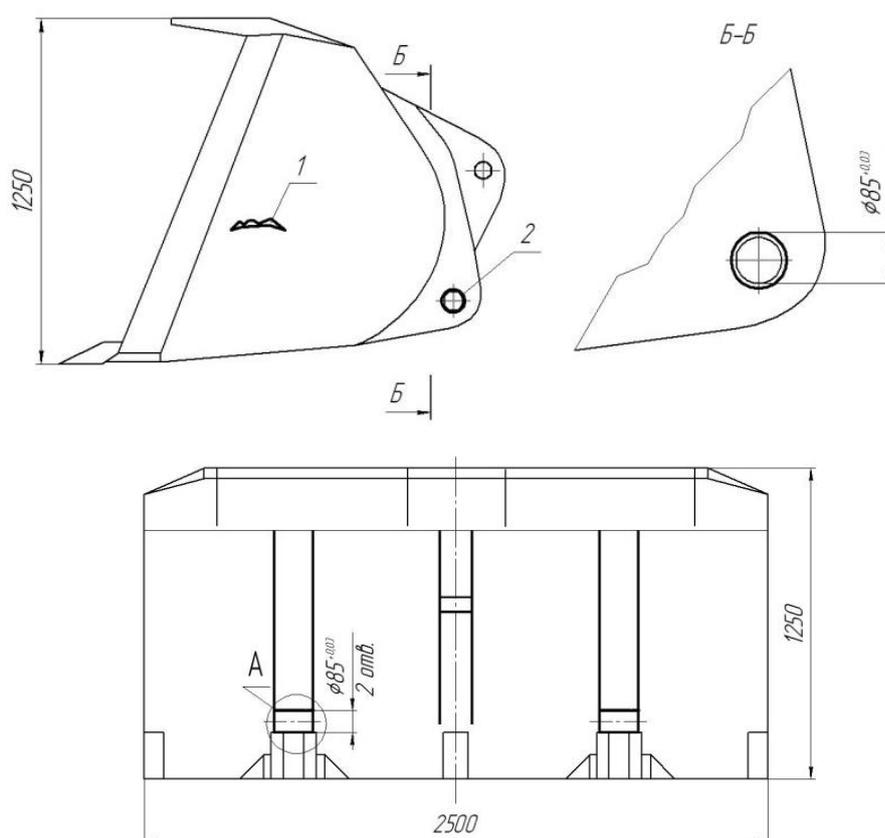
Интенсивная эксплуатация приводит к ускоренному износу ковша, поддержание работоспособности которого после истечения средней продолжительности эксплуатации возможно только благодаря постоянной ремонтной сварке и наплавке. В ходе эксплуатации наблюдается неравномерный износ элементов ковша. Поэтому оправданным является восстановление изношенных элементов ковша, которое позволяет получить существенную экономию по сравнению с заменой этих элементов или всего ковша.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность **темы** выпускной квалификационной работы – «Технология ремонта ковша фронтального погрузчика ТО-18» и поставленной **цели**: повышение эффективности восстановления деталей машин на примере ковша фронтального погрузчика ТО-18Б.

1 Современное состояние ремонтных работ при восстановлении ковшей строительной техники

1.1 Описание изделия и дефектов

Основным видом навесного оборудования погрузчика является универсальный ковш. Крепление ковша на погрузчик выполняется при помощи пальцев, которые фиксируют ковш на стреле передней полурамы погрузчика. Сам ковш, представленный на рисунке 1, является сварной металлической конструкцией и содержит боковые стенки с режущими кромками, переднюю режущую часть и заднюю стенку. Крепление ковша к стреле происходит через проушины, которые расположены на задней стенке (днище).



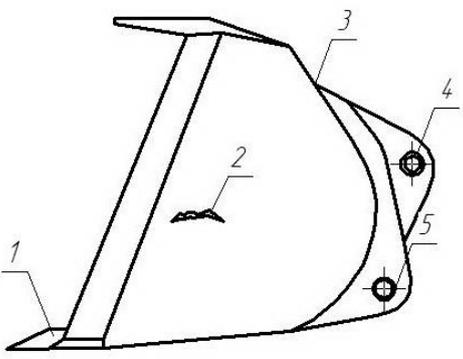
- 1 – трещина на боковой стенке ковша; 2 – износ посадочной поверхности крепления тяги;
3 – износ посадочной поверхности под крепление стрелы

Рисунок 1 – Внешний вид и возникающие дефекты ковша фронтального погрузчика ТО-18Б

Грузоподъёмность ковша составляет 3400 кг, конструкция ковша рассчитана на максимальное вырывное усилие 10,5 тонн. Полезный объём ковша составляет 1,9 м³. Масса ковша составляет 760 кг, высота – 1250 мм, ширина режущей кромки ковша – 2500 мм.

Ковш погрузчика в процессе работы подвергается воздействию значительных постоянных и переменных нагрузок. Действие этих нагрузок приводит возникновению дефектов, представленных в таблице 1. К этим дефектам относится: деформация ковша (изменению его геометрических размеров от исходных), износ сварных соединений элементов ковша (образование в сварных соединений трещин), износ днища и боковых стенок ковша (возникновение в них трещин), износ режущей части (поломка зуба), износ посадочных отверстий.

Таблица 1 – Обнаруживаемые дефекты ковшей фронтальных погрузчиков

Эскиз	Поз.	Дефект	Способ обнаружения	Способ устранения
	1	Поломка зуба	Визуальный осмотр	Замена
	2	Трещина боковой стенки	Визуальный осмотр	Ремонт сваркой
	3	Трещина сварного шва	Визуальный осмотр	Ремонт сваркой и заплаткой
	4, 5	Износ отверстия	Измерение	Ремонт наплавкой

Наиболее часто встречаются два вида дефектов. Во-первых, это трещины на поверхности боковых стенок, причинами которых могут быть перегрузки ковша или его неправильная эксплуатация. Продолжительная эксплуатация с перегрузками приводит к изгибанию конструкции и образованию трещин. Во-вторых, это износ отверстий проушин, которые под действием пальца начинают принимать эллипсоидную форму.

1.2 Сведения о материале ковша

Для изготовления ковша применяются элементы из стали 15ХСНД, которая является конструкционной низколегированной сталью с химическим составом и свойствами согласно ГОСТ 19282-73, представленными в таблице 2 и таблице 3. Сварка стали 15ХСНД сопровождается образованием закалочных структур в металле шва и околошовной зоне, для борьбы с которым необходимо тщательно подбирать и соблюдать параметры режима сварки. При ремонтной сварке изделий из стали 15ХСНД могут возникать следующие дефекты [26]: горячие трещины, представленные на рисунке 2, непровары, представленные на рисунке 3, поры, представленные на рисунке 4.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 15ХСНД согласно ГОСТ 19282-73

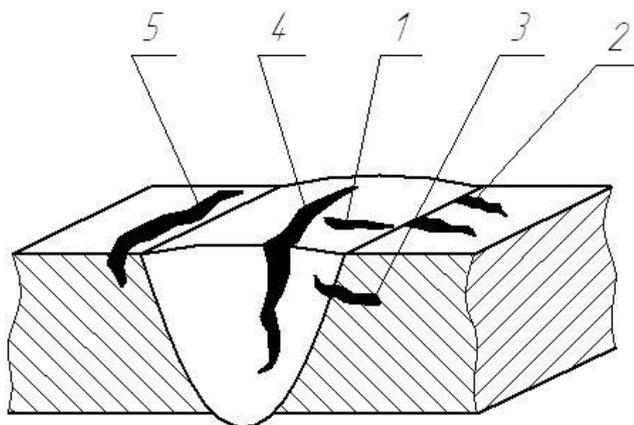
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	0,3-0,6	0,04	0,035	0,2-0,4

Таблица 3 – Механические свойства стали 15ХСНД согласно ГОСТ 19282-73

Твёрдость стали НВ	Предел прочности δ_B , МПа	Предел текучести $\delta_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %	Ударная вязкость U кДж/см ²
220	740	640	20	68	176

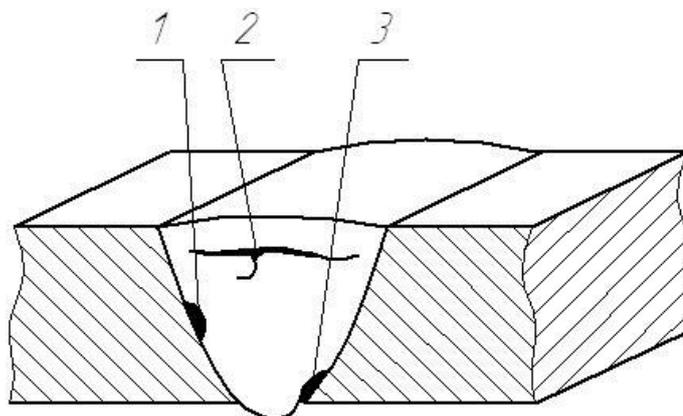
Причиной возникновения горячих трещин является неправильная техника сварки, в частности выбор параметров режима и ведение электрода, которые вызывают чрезмерно высокую скорость охлаждения. Также горячие трещины образуются, если термообработка изделия была проведена не сразу после сварки, а через какое-то время, и изделие успевает остыть на воздухе. Причиной возникновения горячих трещин может быть наличие близко расположенного к сварному шву концентратора напряжения. Также горячие

трещины образуются по причине низкого качества основного металла и сварочных электродов.



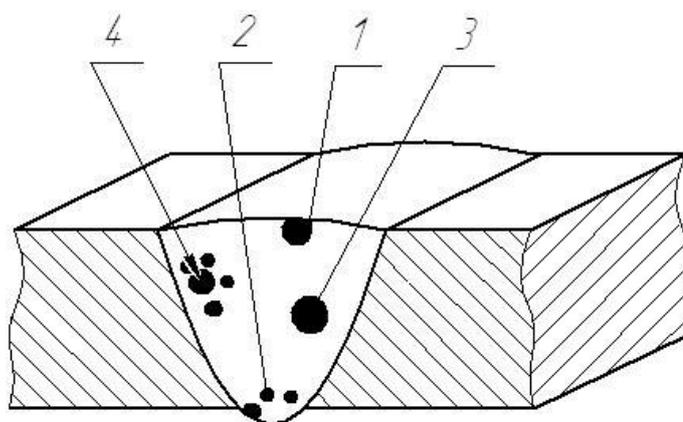
1, 2, 3 – поперечные трещины; 4, 5 – продольные трещины

Рисунок 2 – Горячие трещины



1 - по боковой стороне; 2 - между валиками; 3 - в корне шва

Рисунок 3 – Непровары



1 - поверхностная пора; 2 - в корне шва; 3 - одиночная пора; 4 - скопление пор

Рисунок 4 – Поры

Для того, чтобы устранить образование горячих трещин при сварке, следует выполнять сварку при минимальной длине дуги усиленными валиками, поперечные колебания накладывать не нужно. Запрещается выведение кратеров на основной металл, сами кратеры должны находиться на наплавленном металле и быть тщательно заплавленными и зашлифованными. Если выполнялось повторное возбуждение дуги, следует убедиться в отсутствии горячей трещины, в противном случае необходимо удалить кратер с трещиной механическим способом.

Причиной возникновения непроваров является неправильный выбор параметров режима сварки, которые могут привести к недостаточной погонной энергии. Завышенная скорость сварки также может привести к недостаточной погонной энергии и вызвать появление непроваров. Также непровары возникают по причине неправильной разделки кромок или низком качестве их выполнения.

Для того чтобы устранить появление непроваров, следует обеспечить качественную подготовку кромок перед сваркой. Если выполняется многопроходная сварка, необходимо тщательно зачищать выпуклые валики. Необходимо строгое соблюдение параметров режима сварки. В случае, если несплавление доступно для повторной заварки, следует зачистить корень шва и повторно его заварить.

Причиной возникновения пор при ремонтной сварке изделий из стали 15ХСНД является неправильно проведенная прокалка электродов и низкое качество подготовки кромок. Также поры могут образовываться при чрезмерном диаметре электрода. Неправильное ведение электрода может вызвать нарушение защиты сварочной ванны и превышение скорости сварки, по причине которых также образуются поры.

Для того, чтобы устранить поры при ремонтной сварке, следует выполнять прокалку электродов в соответствии с инструкцией на эти электроды. Запрещается применение электродов со вздувшимся или осыпавшимся покрытием. Участок с порами вырубает и переваривают.

1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки

Базовая технология ремонтной сварки ковша предусматривает выполнение операций в соответствии с картой технологического процесса, приведённой в графической части выпускной квалификационной работы. Предусматривается последовательное выполнение операций согласно схеме на рисунке 5: зачистка трещины от грязи и краски, визуальная оценка трещины, разделка трещины, заплатавление разделки, контроль качества.

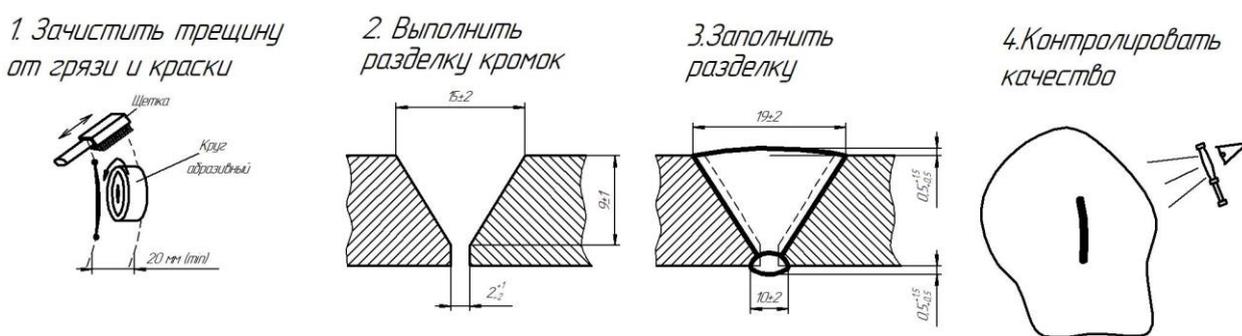


Рисунок 5 – Операции технологического процесса ремонтной сварки

При выполнении первой операции (зачистка трещины) следует зачистить основной металл на ширину 20...25 мм с применением металлической щётки, машинки шлифовальной.

Далее следует визуально выявить наличие трещины, её длину и расположение в конструкции, отметить концы трещины. При необходимости положение концов трещины может быть определено с применением методов неразрушающего контроля (проникающие растворы, травление, магнитная дефектоскопия).

При оценке ремонтпригодности трещин следует измерить длину трещины и её положение:

- если длина трещины составляет более 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть менее 100 мм;

- если длина трещины составляет менее 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть не менее 20 мм (но не менее толщины основного металла);

- не допускается пересечение трещиной сварного шва.

После определения положения концов трещины следует выполнить сквозные отверстия, диаметр которых должен составлять 7 мм. При этом центр отверстия должен находиться на расстоянии половины диаметра сверла от конца трещины. Для засверливания концов трещины применяется сверлильный станок на магнитном основании МС-36, представленный на рисунке 6.



Рисунок 6 – Оборудование для подготовки трещины под заварку: угловая шлифовальная машина ИЭ-2106 (а) и сверлильный станок на магнитном основании МС-36 (б)

Вторую операцию (разделку кромок) выполняют по всей длине трещины. Разделка кромок проводится под сварной шов С17, С18 или С23 по ГОСТ 5264. Зону разделки трещины очищают от масла, окалины, грязи, со всех сторон на ширину 20...25 мм. Выборку дефектного места осуществляют с использованием строгача К-3000, представленного на рисунке 7-а, и ручной кромкофрезеральной машины ЕКФ-300, представленной на рисунке 7-б.



Рисунок 7 – Оборудование для разделки трещины: горелка для воздушно-дуговой строжки (а) и кромкофрезеровальная машина ЕКФ-300

Третью операцию (заплавление разделки) выполняют ручной дуговой сваркой. В качестве сварочного электрода применяют электроды ДСК-50, химический состав которых представлен в таблице 4, а механические свойства наплавленного металла – в таблице 5.

Таблица 4 – Химический состав наплавленного металла электродами ДСК-50

Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	S	P
ДСК-50	до 0,1	0,8...1,0	0,4...0,55	-	до 0,03	до 0,03

Таблица 5 – Механические свойства наплавленного металла электродами ДСК-50

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	+20°С, Дж/см ²	-40°С, Дж/см ²
ДСК-50	430	510	20	196	137

Прокалку электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами. После прокали электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Для сварки применяется выпрямитель сварочный ВД-252, представленный на рисунке 8.

Заполнение разделки шва во избежание перегрева основного металла проводят валиками за несколько проходов. При заполнении разделки следует выполнить плавный переход от основного к наплавленному металлу. Трещина должна быть полностью заварена, прерывание процесса ремонтной сварки недопустимо. Отверстие в конце трещины не заглавливать. После заварки трещины следует зачистить шов заподлицо с основным металлом.



Рисунок 8 – Выпрямитель сварочный ВД-252

Четвёртую операцию (контроль качества) проводят: визуально-измерительный контроль (согласно РД 03-606-03).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 30 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Для проведения визуально-измерительного контроля применяется оборудование, представленное на рисунке 9: универсальный шаблон сварщика УШС-3, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, линейка металлическая Л-300 (300 мм), лупы просмотровые 4х и 7х, лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, рулетка, инструкция РД 03-606-03, угольник металлический, наборы щупов и радиусных шаблонов, фонарик, маркер по металлу, футляр для хранения.



Рисунок 9 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостаток следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость

смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение эффективности восстановления деталей машин на примере ковша фронтального погрузчика ТО-18Б.

Анализ дефектов, выявляемых на ковшах, позволил заключить, что наиболее распространённым дефектом ковша является трещина на боковой стенке. Базовая технология заварки трещины предусматривает выполнение следующих операций: зачистка трещины от грязи и краски, визуальная оценка трещины, разделка трещины, заплавление разделки, контроль качества.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

2 Проектная технология ремонтной сварки ковша погрузчика

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

Исходными условиями для выбора способа сварки являются: материал изделия (сталь 15ХСНД), толщина свариваемого металла (10 мм), длина завариваемой трещины (порядка 200 мм), положение сварного шва (вертикальное или горизонтальное).

Перед выбором способа ремонтной сварки следует на основании проведённого анализа материала свариваемого изделия перечислить все возможные способы сварки, которые способны обеспечить защиту расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Сварка конструкций из стали 15ХСНД может выполняться всеми известными способами:

- газовая сварка,
- ручная дуговая сварка,
- сварка в инертном газе неплавящимся электродом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- сварка под флюсом,
- сварка самозащитной порошковой проволокой.

Далее выберем способы сварки, пригодные для рассматриваемой толщины свариваемого металла – 12 мм. Для рассматриваемого изделия следует признать в качестве пригодных следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- сварка под флюсом,
- сварка самозащитной порошковой проволокой.

Далее выполним анализ протяжённости и пространственного положения швов. Применительно к рассматриваемому изделию протяжённость ремонтного шва составляет несколько сотен миллиметров, эти швы располагаются в пространстве в основном вертикально или горизонтально. Исходя из этого применение автоматических способов сварки следует признать нецелесообразным. Поэтому для окончательного анализа следует выделить:

- ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-а);
- сварка плавящимся электродом в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-б);
- сварка порошковой самозащитной проволокой, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-в).

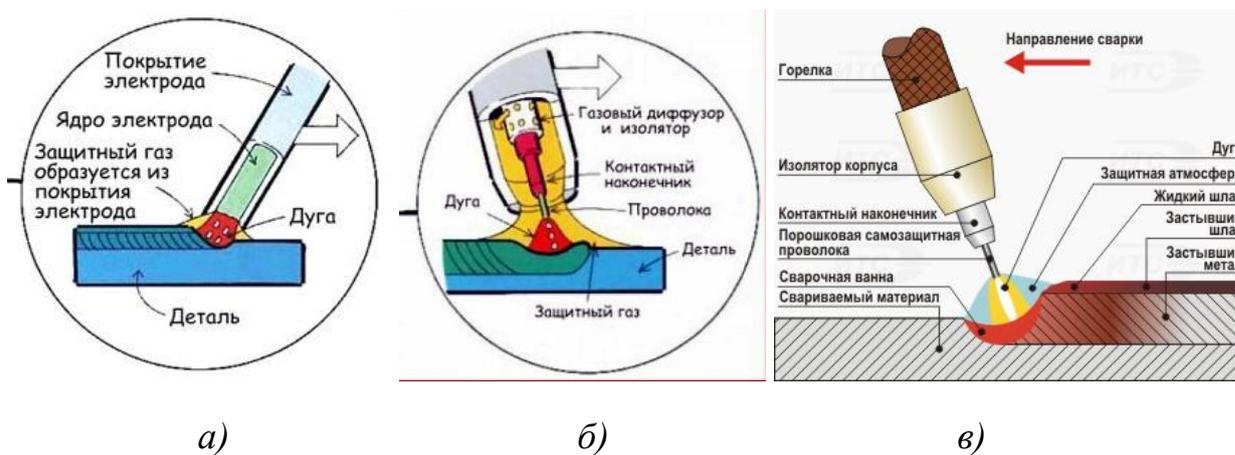


Рисунок 10 – Рассматриваемые способы ремонтной сварки: ручная дуговая (а), в защитном газе проволокой сплошного сечения (б), самозащитной порошковой проволокой (в)

Ручная дуговая сварка получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения [19], [23]. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть

организован с минимальными капитальными затратами. К выполнению ремонтной сварки можно приступать практически сразу.

Недостатки ручной дуговой сварки отмечены выше при анализе базовой технологии ремонтной сварки.

Дуговая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов получила широкое распространение при ремонте сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой.

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.

Сварка самозащитной порошковой проволокой позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [22], [28].

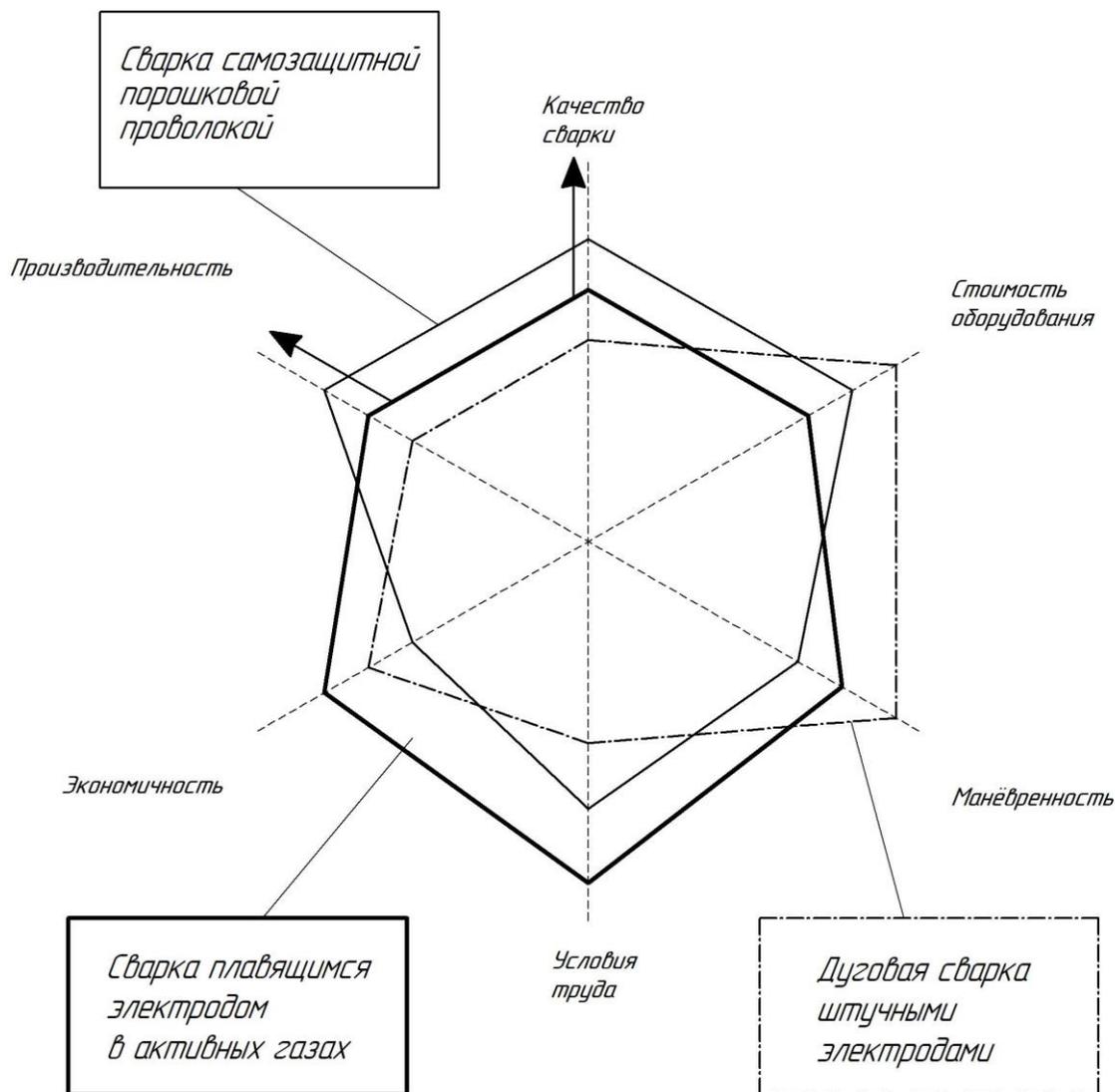


Рисунок 11 – Экспертная оценка альтернативных способов ремонтной сварки ковша погрузчика из стали 15ХСНД

Недостатками сварки самозащитной порошковой проволокой являются:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва;
- высокая стоимость порошковой проволоки;
- сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений;
- необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости;
- неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

Экспертная оценка рассматриваемых способов сварки выполнена по таким критериям, как качество сварки, стоимость оборудования, манёвренность способа, условия труда сварщика, экономичность и производительность, сведённые в диаграмму на рисунке 11. Как видно, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения позволяет достигнуть наиболее высоких результатов при условии повышения производительности и качества сварки.

2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

Эффективность механизированной сварки в защитных газах как технологического процесса в значительной мере зависит от типа плавления и переноса электродного металла. Характер переноса влияет на поведение сварочной дуги, определяя её технологические характеристики (пространственную устойчивость, особенности металлургических реакций в сварочной ванне, тепловой баланс, угар и разбрызгивание). Также характер переноса электродного металла влияет на геометрию сварного шва, в частности, глубину проплавления [21].

В ходе многолетних исследований выявлено влияние параметров процесса сварки на тип переноса электродного металла согласно диаграмме на рисунке 12. В числе таких параметров следует выделить: полярность сварочного тока, форма его импульса, состав электродной проволоки и характер её подачи. Также на тип переноса металла оказывают влияние различные возмущения. Например, при импульсно-дуговой сварке из-за уменьшения напряжения сети возможен переход от мелкокапельного переноса без коротких замыканий к мелкокапельному переносу с короткими замыканиями [27]. Также на характер переноса электродного металла может оказывать влияние загрязнение поверхности сварочной проволоки и магнитное дутьё.

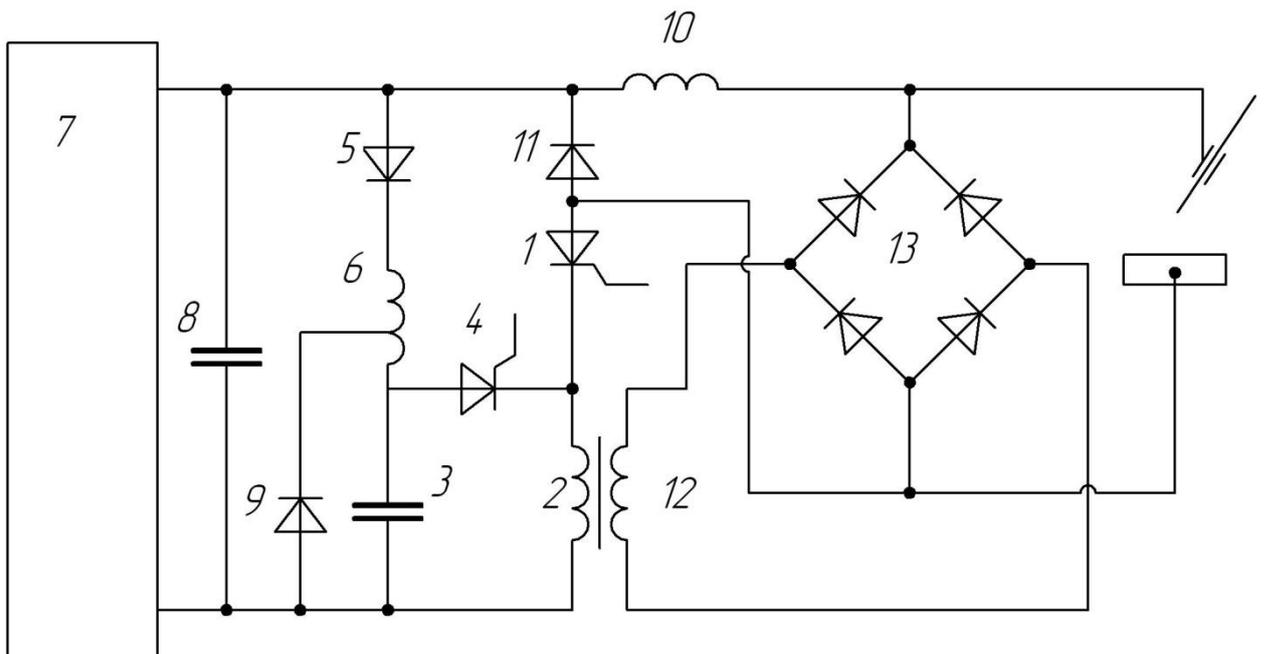


Рисунок 12 – Схема основных параметров сварочного процесса, воздействующих на перенос металла электрода

Горение дуги с импульсным управлением позволяет:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавляющую способность дуги;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

Для повышения эффективности сварки предложено использовать импульсное управление сварочной дугой, реализация которого производится с использованием устройства, представленного на рисунке 13, состоящего из: «силового тиристора 1; коммутирующего дросселя 2; коммутирующего конденсатора 3; вспомогательного тиристора 4; диодов 5 и 9; зарядного дросселя 6; источника постоянного тока 7; конденсатора 8; последовательного дросселя 10; шунтирующего диода 11; дополнительной обмотки коммутирующего дросселя 12; диодного моста 13» [1].



1 - силовой тиристор; 2 - коммутирующий дроссель; 3 - коммутирующий конденсатор;
 4 - вспомогательный тиристор; 5, 9 - диод; 6 - зарядный дроссель; 7 - источник
 постоянного тока; 8 - конденсатор; 10 - последовательный дроссель; 11 - шунтирующий
 диод; 12 - дополнительная обмотка коммутирующего дросселя; 13 - диодный мост

Рисунок 13 – Схема источника питания

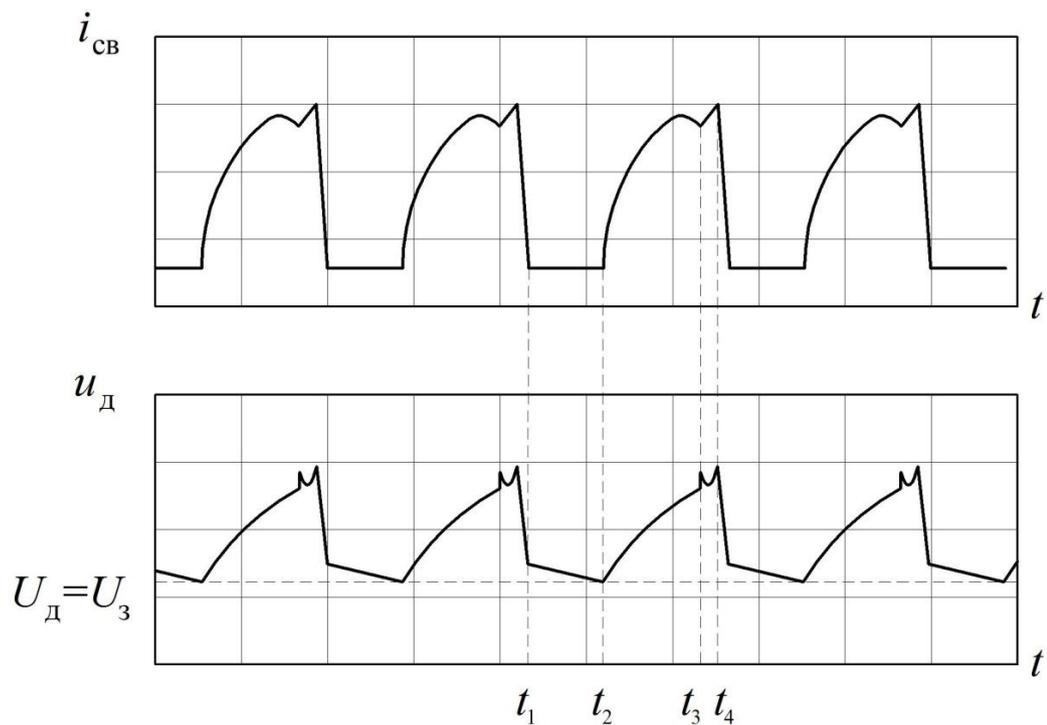


Рисунок 14 – Управление током в предлагаемом способе
 импульсно-дуговой сварки

На рисунке 14 показаны осциллограммы тока и напряжения при импульсно-дуговой сварке. Горение дежурной дуги происходит на интервале времени t_1-t_2 , при этом ток дежурной дуги минимален и составляет 15...40 А. за этот промежуток времени происходит уменьшение дугового промежутка за счёт подачи электродной проволоки. В момент времени t_2 включается импульс сварочного тока. В момент времени t_3 происходит отрыв капли электродного металла. На интервале времени t_3-t_4 осуществляется дозирование энергии на расплавление следующей капли электродного металла.

2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки ковша погрузчика

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- 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 НТД или ПТД).

Требования к помещению:

- сварку необходимо выполнять в отапливаемых цехах, обеспечивающих положительную температуру свариваемой конструкции и окружающего воздуха.
- если поддержание положительной температуры в помещении, где проходит сварка, невозможно, в порядке исключения допускается вести

сварку при температуре не ниже -10°C . При этом обязателен предварительный подогрев кромок и прилегающих к ним участков основного металла. Температура предварительного подогрева $120\dots150^{\circ}\text{C}$. Ширина предварительного подогрева составляет не менее 60 мм, если толщина свариваемого металла не превышает 25 мм и не менее 80 мм – если толщина свариваемого металла превышает 25 мм.

Требования к сварочной проволоке:

- качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264;
- сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными;
- упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки;
- очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже $+15^{\circ}\text{C}$. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской;
- при намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов.

Для сварки применяется проволока сплошного сечения диаметром 1,2 мм Св-08ГСМТ, химический состав которой приведён в таблице 6, а свойства наплавленного металла – в таблице 7. Внешний вид проволоки Св-08ГСМТ представлен на рисунке 15-а. В качестве защитной среды применяем углекислый газ, внешний вид баллонов с которыми представлен на рисунке 15-б.

Таблица 6 – Химический состав проволоки Св-08ГСМТ

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti
0,06-0,11	0,40-0,70	1,0-1,3	<0,30	<0,30	0,2-0,4	0,05-0,12



a)



б)

Рисунок 15 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГСМТ (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГСМТ

Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Предел прочности σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCV	
			°C	Дж/см ²
448	560	24	-20 °C	80
			-40 °C	60

Разделку трещины под заварку с применением механизированной сварки в защитных газах выполняем по ГОСТ 14771 в соответствии с требованием соединения С17, представленного на рисунке 16.

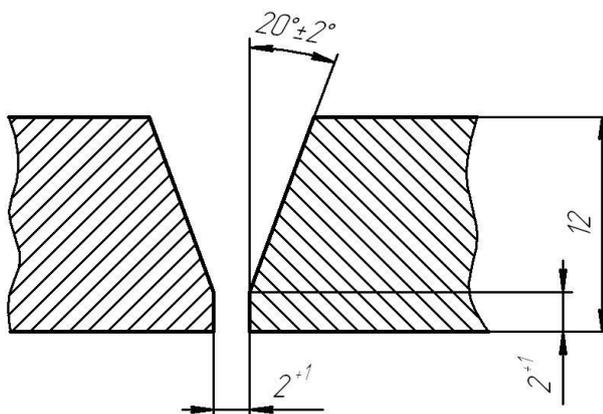


Рисунок 16 – Геометрия разделки кромок по ГОСТ 14771-78

В случае разделки несквозной трещины следует выполнить удаление металла на 1...2 мм больше глубины трещины и на 15...20 мм больше длины трещины. Если выполняется разделка сквозной трещины, необходимо при помощи сверления выполнить отверстия диаметром 8..12 мм на концах

трещины, причём, отверстия должны располагаться на $\frac{1}{2}$ диаметра сверла дальше конца трещины.

Для плазменной строжки применим аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND, представленный на рисунке 17.



Рисунок 17 - Аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

При сварке принимаются следующие параметры режима: род тока – постоянный, полярность – прямая, диаметр проволоки – 1,4 мм, вылет сварочной проволоки – 13...20 мм, сила сварочного тока – 200...250 А.

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). Расход газа при сварке принимаем 1,0...1,4 м³/ч.

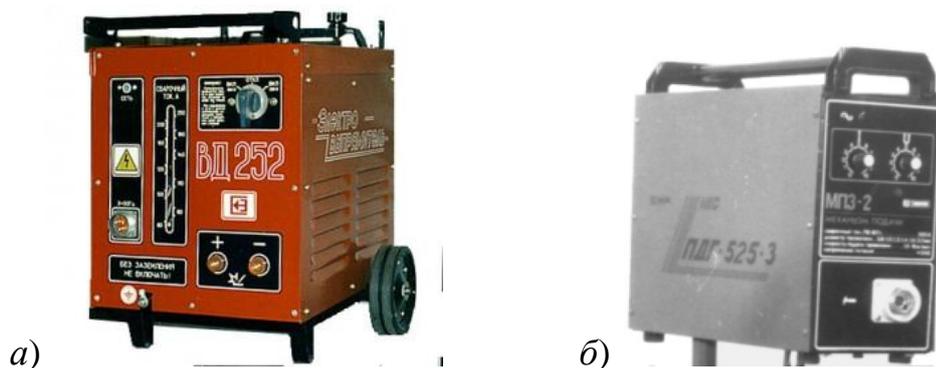


Рисунок 18 – Оборудование для заварки разделанной трещины: сварочный выпрямитель ВД-252 (а) и сварочный полуавтомат ПДГ-525 (б)

Для защиты поверхности деталей от сварочных брызг применяются жидкие концентраты, не влияющие на качество сварки, например, лигносульфонат. Разбавление лигносульфоната проводят в горячей воде,

температура которой должна быть 50...60 °С. Разбавление проводят с получением раствора по массе 1:4 или по объёму 1:5. Нанесение защитного раствора проводят с применением кисти, на ширину 100...150 мм от оси разделки. После нанесения защитного состава на поверхность конструкции необходимо дать ему высохнуть в течение 1...2 часов. После высыхания защитного раствора можно начинать процесс сварки.

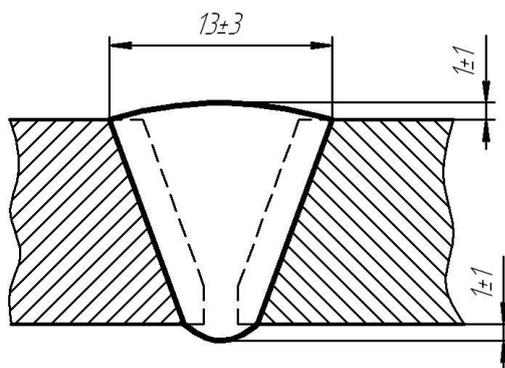


Рисунок 19 – Геометрия сварного шва при заварке трещины

В качестве источника питания дуговой сварки применим выпрямитель ВД-252, представленный на рисунке 18-а. В качестве податчика проволоки используем полуавтомат ПДГ-525, представленный на рисунке 18-б.

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления деталей машин на примере ковша фронтального погрузчика ТО-18Б.

Ранее были сформулированы задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

При анализе возможных способов сварки, которые могут быть использованы при ремонтной сварки ковшей были рассмотрены: ручная электродуговая сварка, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [1]. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

Составлены требования к операциям технологического процесса ремонтной сварки конструкции, назначены параметры режима обработки, оборудование и сварочные материалы для осуществления проектной технологии.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения работ по восстановлению деталей машин с применением дуговой сварки.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, приведённых в таблице 8:

- подготовка трещины, выполняется с применением машины угловой шлифовальной, магнитного сверлильного станка, щётки металлической;
- разделка кромок, выполняется с применением выпрямителя дуговой сварки ВД-252, аппарата для воздушно-плазменной резки Powermax 125;
- сварка, выполняется с применением выпрямителя дуговой сварки ВД-252, формирователя импульсов сварки, сварочного полуавтомата ПДГ-525;
- контроль качества, выполняется с применением дефектоскопа, лупы, шаблона сварщика

- наплавка износостойкого слоя, выполняется с применением выпрямителя дуговой сварки ВД-252, формирователя импульсов сварки, сварочного полуавтомата ПДГ-525;

- контроль качества, выполняется с применением дефектоскопа, лупы, шаблона сварщика.

Таблица 8 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1) подготовка трещины	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок	- СОЖ, - круги абразивные, - рукавицы, - ветошь
2) разделка кромок	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125	- щётка металлическая, - вода техническая
3) сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525	- сварочная проволока Св-08ГСМТ, - лигосульфат, - углекислый газ
4) контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло
5) наплавка износостойкого слоя	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525	- сварочная проволока Stoody 120-О, - лигосульфат, - углекислый газ
6) контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

На основании анализа данных таблицы 8 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 9.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений,

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1) подготовка трещины	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 	<ul style="list-style-type: none"> - машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок
2) разделка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	<ul style="list-style-type: none"> - выпрямитель дуговой сварки ВД-252, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125
3) сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525
4) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - дефектоскоп
5) наплавка износостойкого слоя	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525
6) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - дефектоскоп

- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

На основании идентифицированных профессиональных рисков, возникающих при реализации проектной технологии, возможен последующий их анализ и выработка решений по их снижению до приемлемого уровня, приведённые в таблице 10.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 11, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 12.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Нет необходимости
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Кнопка оповещения

Таблица 13– Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной сварки металлических конструкций	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 13.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 14 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 15 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 14 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 15.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии ремонтной сварки.

Изучение особенностей технологического процесса механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки строительной техники. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки с импульсным управлением дугой.

Первой операцией технологического процесса является зачистка трещины от грязи и краски, выполняемая с применением машинки угловой шлифовальной, дрели электрической, щетки металлической. Второй операцией технологического процесса является разделка трещины, выполняемая с применением аппарата плазменной резки. Третьей операцией технологического процесса является заполнение разделки, выполняемое с применением сварочного выпрямителя, полуавтомата, формирователя импульсов согласно [1]. Четвёртой операцией технологического процесса является контроль качества. Пятой и шестой операциями является наплавка износостойкого слоя и контроль качества. При выполнении базовой технологии сварки применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 16.

Таблица 17 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	100 тыс.	400 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	12	20
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	100	100
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha.пл.$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	En	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, приведённых в таблице 16: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час,

принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного

времени $t_{П-3}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-3}. \quad (3)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 9 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 3 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 5 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$П_{Г.баз.} = 2054/9 = 228 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/5 = 410 \text{ дефектов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г} = 100$ дефектов в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_{Г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{9 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,4, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{5 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,2.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному

вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,4/1 = 0,4, K_{3п} = 0,2/1 = 0,2.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{тз}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

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

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

Объём основной заработной платы $Z_{осн}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии,

рассчитаем с учётом штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента $K_д$ доплат:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д. \quad (8)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{осн.баз.} = 9 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3384 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн.проектн.} = 5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1880 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента $K_{доп}$ дополнительных доплат ($K_{доп} = 12 \%$):

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot K_{доп} / 100. \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{доп.базов.} = 3384 \cdot 12 / 100 = 406 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп.проектн.} = 1880 \cdot 12 / 100 = 226 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{осн}$ и дополнительной $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 3384 + 406 = 3790 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 1880 + 226 = 2106 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{сн}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (10)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сс баз.}} = 3790 \cdot 34 / 100 = 1289 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс проектн.}} = 2106 \cdot 34 / 100 = 716 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{эз}}. \quad (11)$$

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 5 / 2054 / 100 = 52 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 125 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{эз}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{эз}} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{эз баз}} = 5 \cdot 12 \cdot 3,2 / 0,7 = 274 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эп пр}} = 3 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 226 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 52 + 274 = 326 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 125 + 226 = 351 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 3790 + 1289 + 326 = 5817 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55 + 2106 + 716 + 351 = 3228 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5817 + 1,5 \cdot 3384 = 5817 + 5076 = 10893 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 3228 + 1,5 \cdot 1880 = 3228 + 2820 = 6048 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 10893 + 1,15 \cdot 3384 = 10893 + 3892 = 14785 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 6048 + 1,15 \cdot 1880 = 6048 + 2162 = 8210 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 18.

Таблица 18 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>М</i>	412	55
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	3790	2106
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	1289	716
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	326	351
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	5817	3228
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	5076	2820
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	10893	6048
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	3892	2162
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	14785	8210

Таким образом, на основании данных таблицы 18 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ.б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $C_{\text{об.б.}}$,

коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{общ. б.} = Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Остаточную стоимость $Ц_{об.б.}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв.}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_A оборудования:

$$Ц_{об.б.} = Ц_{ПЕРВ.} - (Ц_{ПЕРВ.} \cdot T_{СЛ} \cdot H_A / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 100000 - (100000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 57000 \text{ руб.},$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 1 \cdot 57000 \cdot 0,4 = 22800 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{общ. пр.}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{об. пр.}$, вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих вложений $K_{соп.}$:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (19)$$

Капитальные вложения $K_{об. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{об. пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

$$K_{об. пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп}. \quad (20)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{об. пр.} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 84000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}. \quad (21)$$

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (22)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}}. \quad (23)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр.}} = 84000 + 25000 = 109000 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ и $K_{\text{общ. б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ. пр.}} - K_{\text{общ. б.}} \quad (24)$$

$$K_{\text{доп}} = 109000 - 22800 = 86200 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 22800/100 = 228 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 109000/100 = 1090 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{9 - 5}{9} \cdot 100\% = 44\%$$

Расчёт повышения производительности труда $П_T$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = \frac{100 \cdot 44}{100 - 44} = 78\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (5817 - 3228) \cdot 100\% / 5817 = 44\%.$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (14785 - 8210) \cdot 100 = 657500 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} . \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = 86200 / 657500 = 0,2 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 657500 - 0,33 \cdot 86200 = 629054 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки строительной техники применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения и импульсным управлением сварочной дугой и наплавку износостойкого слоя порошковой проволокой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 44 %, повышение производительности труда на 78 %, уменьшение технологической себестоимости на 44 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 658 тыс. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 629 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности восстановления деталей машин на примере ковша фронтального погрузчика ТО-18Б.

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах при заполнении разделки трещины и механизированную сварку порошковой проволокой при наплавке износостойкого слоя.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: подготовка трещины, разделка трещины, заполнение разделки, контроль качества, наплавка износостойкого слоя, контроль качества.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 629 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Полученные результаты предлагается внедрить при ремонтной сварке элементов строительной техники.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1007871 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для сварки / Пирожков Е. Д., Чумак Л. Ф., Анкудинов В. А. № 3357427/25-27, заяв. 19.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. 3 с.
2. Акулов А. И., Алёхин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
3. Банов М. Д., Казаков ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
5. Брауде М. З., Воронцова Е. И., Ландо С. Я. Охрана труда при сварке в машиностроении. М. : Машиностроение, 1978. 144 с.
6. Виноградов В. С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. М. : Высшая школа, 1999. 318 с.
7. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. М. : Колос, 1981. 351 с.
8. Гецкин О. Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Чебоксары : НПП «Технотрон». 2010.
9. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
10. Грузин В. В., Нуракова А. С. Обеспечение эффективности восстановления средств механизации в системе планово-предупредительного ремонта // Наука, техника, инновации. 2005. № 4. С. 82 – 86.
11. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных

работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти : ТГУ, 2012. 135 с.

12. Ельцов В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2012. 176 с.

13. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. М. : Машиностроение, 1977. 258 с.

14. Крагельский И. В. Трение и износ. М. : Машиностроение, 1968. 370 с.

15. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

16. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

17. Лебедев В. А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке // Сварочное производство. № 8. 2008. С. 11–14.

18. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. Л. : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. 480 с.

19. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и д.р.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Том 3 / В.В. Ключев [и д.р.]; под общ. ред. В.В. Ключева. 1996, 464 с.

20. Нуракова А. С. Анализ экономической эффективности технологических вариантов восстановления изношенных деталей при ремонте машин // Вестник Евразийского Гуманитарного института. 2005. №3. С. 56 – 61.

21. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

22. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
23. 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.
24. Сварка в машиностроении: Справ. в 4 т. / под ред. Н.А. Ольшанского. М.: Машиностроение, 1978. Том 1. 504 с.
25. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М. : Машиностроение, 1987. 192 с.
26. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. С.-Пб. : Изд-во «Лань», 2012. 272 с.
27. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.
28. 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.