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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс и оборудование восстановления элементов дорожно-строительной техники

Студент А.Д. Бердикулов
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент А.С. Климов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты к.э.н., доцент Н.В. Зубкова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент И.В. Дерябин
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Многолетняя практика использования дорожно-строительной техники показывает, что приблизительно для 75% деталей машин, которые были отбракованы в ходе капитального ремонта, имеется возможность продолжения эксплуатации в случае устранения обнаруженных дефектов и износа

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте элементов дорожно-строительной техники на примере ковша фронтального погрузчика.

В ходе выполнения работы решены задачи выбора способа ремонтной сварки, построения проектной технологии ремонтной сварки, назначения параметров режима и выбора оборудования для проведения сварочных работ.

По результатам анализа особенностей проектного технологического процесса ремонтной сварки были выявлены опасные и вредные производственные факторы, которые сопровождают осуществление технологии в массовом производстве. На основании идентифицированных факторов для устранения их влияния были предложены стандартные средства и методики.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Abstract

The title of the graduation work is «Technological process and equipment for the restoration of elements of road construction equipment».

The provision of spare parts is becoming the main task, the solution of which depends on the success of laying roads in Russia. The long-term practice of using road construction equipment shows that about 75% of machine parts that were rejected during a major overhaul can be re-commissioned if they are repaired.

The aim of the work is improving the productivity and quality of welding technologies in the repair of elements of road construction equipment on the example of a front loader bucket.

In the course of the work, the tasks of choosing a repair welding method, building a technology for repair welding, and choosing welding equipment were solved.

The analysis of the design technology of welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,778 million rubles.

Содержание

Введение 6
1 Современное состояние ремонтной сварки деталей дорожно-строительной техники. 8
1.1 Сведения об изделии и дефектах. 8
1.2 Сведения о материале для изготовления ковша фронтального погрузчика. 10
1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика. 13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. 18
2 Составление проектной технологии ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика. 20
2.1 Анализ и экспертная оценка альтернативных способов ремонтной сварки. 20
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. 26
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика. 29
3 Безопасность и экологичность технического объекта. 36
3.1 Технологическая характеристика объекта 36
3.2 Идентификация профессиональных рисков 38
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков. 40
3.4 Обеспечение пожарной безопасности 42
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства 44
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений. 46
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов. 46

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования. . 48
4.3 Расчет штучного времени 49
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии. 50
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям. 55
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности. 57
Заключение 60
Список используемой литературы и используемых источников. 62

Введение

Дальнейшее развитие экономики Российской Федерации связано с налаживанием инфраструктуры, важнейшим элементом которой являются автодороги. Это делает актуальным оптимизацию использования дорожно-строительной техники, интенсивная эксплуатация которой приводит к частым поломкам и ускоренному износу. Обеспечение же запасными частями становится главной задачей, от решения которой зависит успешность прокладывания дорог в России. Многолетняя практика использования дорожно-строительной техники показывает, что приблизительно для 75% деталей машин, которые были отбракованы в ходе капитального ремонта, имеется возможность продолжения эксплуатации в случае устранения обнаруженных дефектов и износа [7], [14].

Для того, чтобы обеспечить дорожно-строительную технику необходимыми запасными частями, требуются значительные финансовые расходы, которые существенно выше в случае приобретения новых запасных частей. Вторичное же использование изношенных деталей машин позволяет существенно снизить расходы на ремонт техники. Изношенная деталь теряет приблизительно 1…2 % от исходной массы металла, а её прочность относительно новой детали практически не уменьшается. Энергосбережение и ресурсосбережение требует расширения ввода в эксплуатацию восстановленных деталей против приобретения новых деталей [8].

Статистика по дефектам деталей машин показывает, что порядка 52 % от числа отбракованных деталей приходится на дефект уменьшения диаметра (толщины) в следствие износа, приблизительно 13 % приходится на нарушение геометрии и формы вследствие ударного воздействия, на трещины и изломы приходится порядка 9 % всех отбракованных деталей. При этом именно трещины и изломы хуже всего поддаются ремонту с восстановлением эксплуатационных свойств [5], [9], [10].

Исследования в области восстановления деталей машин проводили Г.И. Зеленков, Е.О. Патон, В.В. Ефремов, Ю.П. Шарпеев, Н.Н. Рыкалин и другие видные отечественные и зарубежные учёные. При этом значительная роль отводилась сварочным технологиям [2], [3], [5], [21], [22].

Проведённые исследования позволили предложить наплавочные материалы и технологии, которые способны не только обеспечить восстановление эксплуатационных свойств деталей машин, но и существенно их повысить, увеличивая износостойкость.

Протяжённость дорог, которые необходимо в ходе эксплуатации восстанавливать и модернизировать, измеряется сотнями тысяч км, при этом, кроме дорого круглогодичной эксплуатации существенную роль играют так называемые «зимники». Именно по «зимникам» происходит перемещение до 40 % всех необходимых грузов в северных районах нашей страны.

Прокладка дорог предусматривает использование специальной дорожно-строительной техники, при этом значительную часть составляют фронтальные погрузчики, которые предназначены для погрузки и уборки мелкокусковых сыпучих материалов. Также универсальный ковш погрузчика позволяет собирать мусор, засыпать траншеи и формировать поверхности. Роль фронтальных погрузчиков будет возрастать в связи с вводимыми в феврале 2022 года нормативами на массовые захоронения.

В ходе эксплуатации фронтального погрузчика происходит интенсивный износ его ковша, продолжительность эксплуатации которого можно существенно увеличить за счёт выполнения ремонтной сварки и наплавки.

Таким образом, проведённый краткий анализ вопроса состояния ремонтной сварки позволяет признать актуальность поставленной цели – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте элементов дорожно-строительной техники на примере ковша фронтального погрузчика.

1 Современное состояние ремонтной сварки деталей дорожно-строительной техники

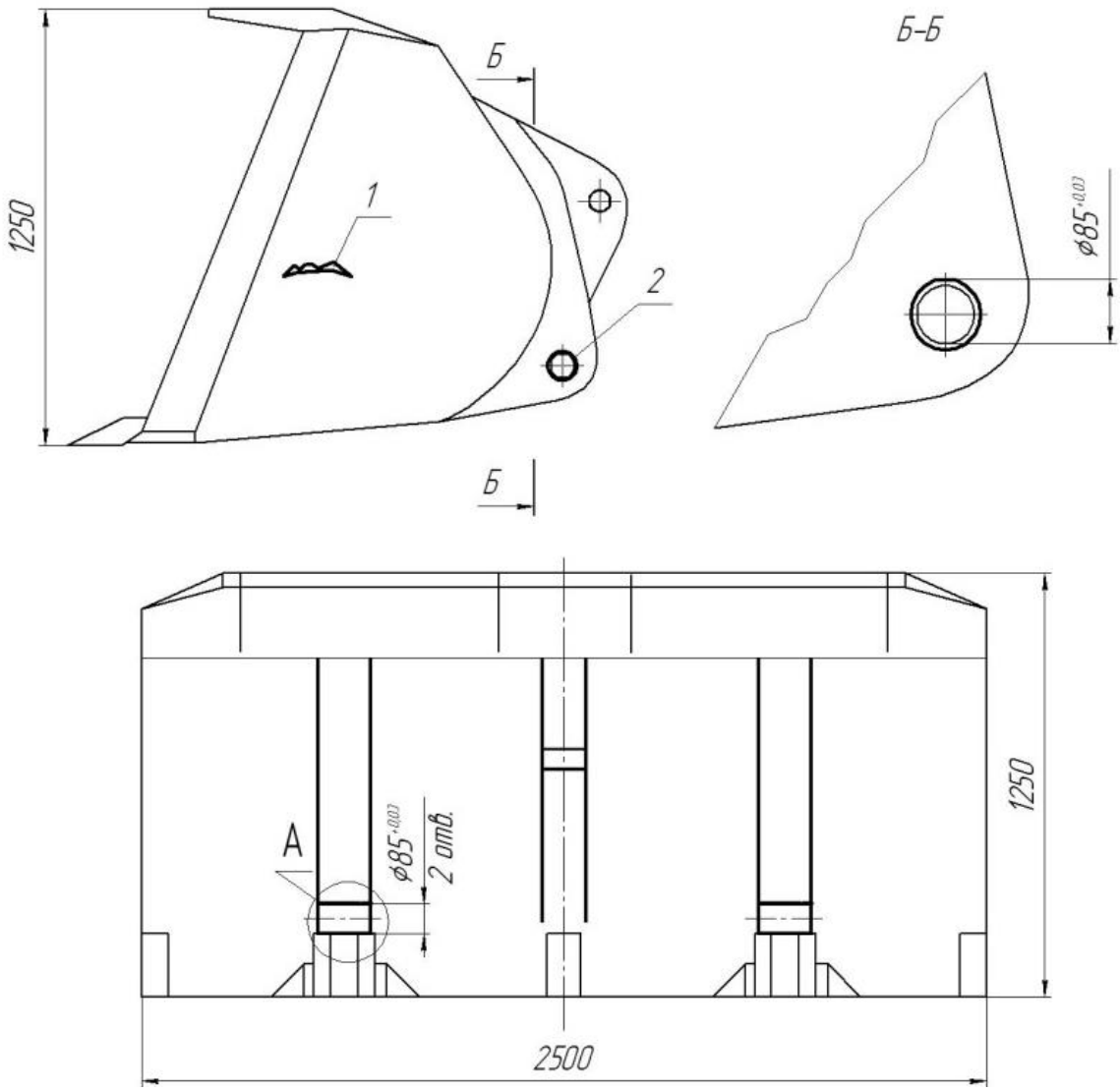
1.1 Сведения об изделии и дефектах

В качестве навесного оборудования на фронтальных погрузчиках широко распространены универсальные ковши. Стальные пальцы позволяют обеспечить крепление ковша на стреле передней полурамы погрузчика. Рассматриваемый в выпускной квалификационной работе ковш, который представлен на рисунке 1, имеет переднюю режущую часть, заднюю стенку, боковые стенки с режущими кромками. При помощи проушин, располагающихся на задней стенке, происходит крепление ковша на стреле.

Конструкция ковша позволяет выдерживать ему максимальное вырывное усилие 10,5 тонн. Номинальная грузоподъёмность ковша – 3,4 тонны. Ковш имеет высоту 1,25 м, ширину режущей кромки 2,5 м. Масса ковша составляет 0,76 тонны, а его полезный объём – 1,9 м^3.

В процессе эксплуатации ковш фронтального погрузчика подвергается интенсивному износу вследствие воздействия ударных и знакопеременных нагрузок. Под действием этих нагрузок в конструкции ковша возникают дефекты, к которым относятся, во-первых, деформация ковша, во-вторых, износ днища и боковых стенок, в-третьих, износ режущей части, в-четвертых, износ посадочных поверхностей проушин, в-пятых, образование трещин в конструкции элементов ковша и его сварных швах.

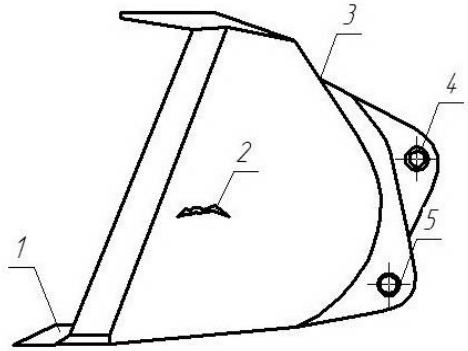
Сведения о возникающих дефектах в конструкции ковша фронтального погрузчика представлены в таблице 1. В качестве наиболее частых дефектов следует отметить износ посадочных частей проушин и трещины на боковых стенках ковша. Вследствие износ проушин отверстия в них принимают эллипсоидную форму. Образование трещин происходит из-за перегрузок и изгибаний конструкции ковша в процессе его нагружения.



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

Рисунок 1 – Конструкция ковша фронтального погрузчика и её дефекты

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» [5]	Измерение	Ремонт наплавкой

Годовое количество ковшей, подлежащих восстановлению, составляет 500 штук. В случае поломки зуба следует выполнить его замену на новый зуб. При обнаружении трещины на боковых стенках необходимо выполнить её выборку и заварку с установкой фигурной вставки. При обнаружении трещины в сварном вше необходимо выполнить её выборку и заварку с установкой заплатки. При износе отверстия проушины под втулку необходимо выполнить его наплавку с восстановлением номинального диаметра. Также восстановление проушины можно выполнить при помощи установки дополнительной ремонтной детали – втулки.

1.2 Сведения о материале для изготовления ковша фронтального погрузчика

Для изготовления деталей ковша фронтального погрузчика применяются заготовки из стали 15ХСНД. В таблице 2 приведено содержание химических элементов согласно ГОСТ 19282-73. В таблице 3 приведены механические свойства стали 15ХСНД.

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» [20]

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

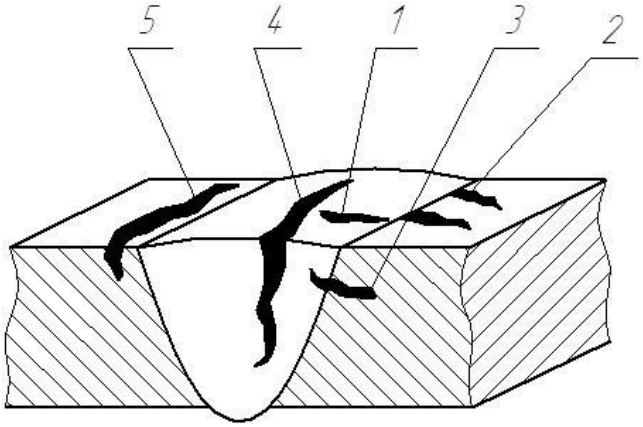
«Твёрдость стали НВ	Предел прочности δ_B, МПа	Предел текучести $\delta_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение ∂, %	Относительное сужение ψ, %	Ударная вязкость U кДж/см^2
220	740	640	20	68	176» [20]

При варке деталей из стали 15ХСНД в металле сварного шва и околошовной зоне наблюдается образование закалочных структур. Для устранения этого вредного эффекта необходимо выполнять тщательный

подбор параметров режима сварки, которые должны обеспечить отсутствие перегрева и закалки металла. Кроме того, особе внимание уделяется технике проведения сварки и наплавки, которые должны выполняться многослойно, что позволяет уменьшить перегрев металла. Особенно актуально это при сварке деталей толщиной более 15 мм. При сварке применяются предварительно прокаливаемые электроды Э50А или Э55 диаметром 5 или 6 мм. Ремонтная сварка деталей машин из стали 15ХСНД сопровождается образованием таких дефектов, как поры, горячие трещины и непровары [20], [28].

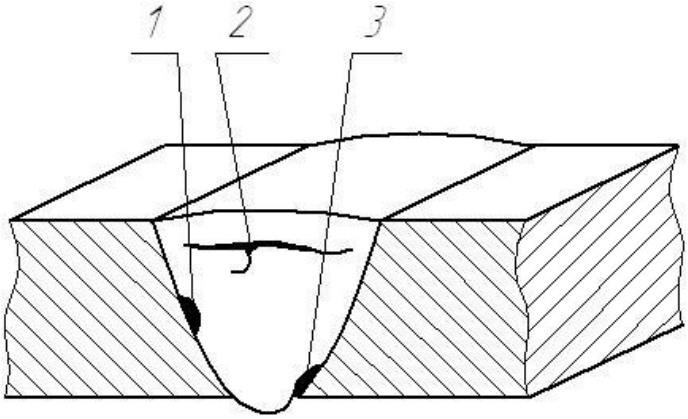
Образование горячих трещин при сварке представлено на рисунке 2. Для того чтобы вероятность появления горячих трещин при сварке снизить, необходимо при сварке поддерживать минимальную длину дуги, сварку вести с наложением усиленных валиков и без поперечных колебаний электрода. Выводить кратеры на основной металл запрещено, если необходимо прервать сварку, то необходимо располагать кратер на наплавленном металле, при этом следует тщательно заплавить и зашлифовать образовавшийся кратер. Перед повторным возбуждении дуги необходимо проверить металл около кратера на отсутствие горячих трещин. Если горячие трещины обнаружены, следует удалить кратер и трещину механическим способом.

Образование непроваров при сварке представлено на рисунке 3. Непровары образуются по причине недостаточной погонной энергии вследствие неправильного выбора сварочного тока. Также к недостаточной погонной энергии приводит завышенная скорость сварки. Возникновение непроваров возможно при неправильном выполнении разделки кромок. Для устранения непроваров необходим правильный выбор параметров режима сварки, качественная подготовка кромок, правильная техника ведения электрода. Кроме того, при сварке многопроходных швов необходимо тщательно зачищать выпуклые валики.



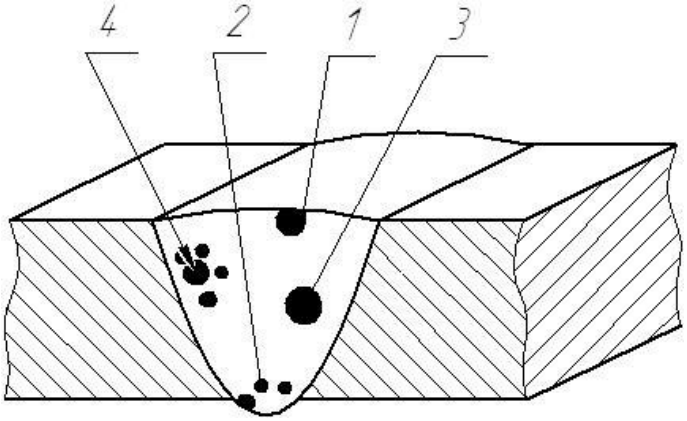
1, 2, 3 – поперечные трещины; 4, 5 – продольные трещины

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

Образование пор при сварке показано на рисунке 4. Поры образуются по причине недостаточной прокалки электродов перед сваркой и низкого качества подготовки кромок. Завышенный диаметр сварочного электрода также является причиной возникновения пор при сварке. Также из-за неправильного ведения электрода возможно нарушение газовой защиты сварочной ванны и возникновение пор. Для борьбы с порообразованием при сварке необходимо проведение прокалки электродов в точном соответствии с инструкцией. Если электроды имеют осыпавшееся или вздувшееся покрытие, то такие электроды для сварки не применяют. Если в результате сварки были обнаружены недопустимые поры, то такой участок следует вырубить и переварить.

1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика

Технология ремонтной заварки трещины в корпусе ковша фронтального погрузчика предусматривает выполнение следующих операций:

– зачистка трещины (представлена на рисунке 5-*а*);

– разделка краёв трещины (представлена на рисунке 5-*б*);

– заплавление разделки трещины (представлена на рисунке 5-*в*);

– контроль качества ремонтной сварки (представлена на рисунке 5-*г*).

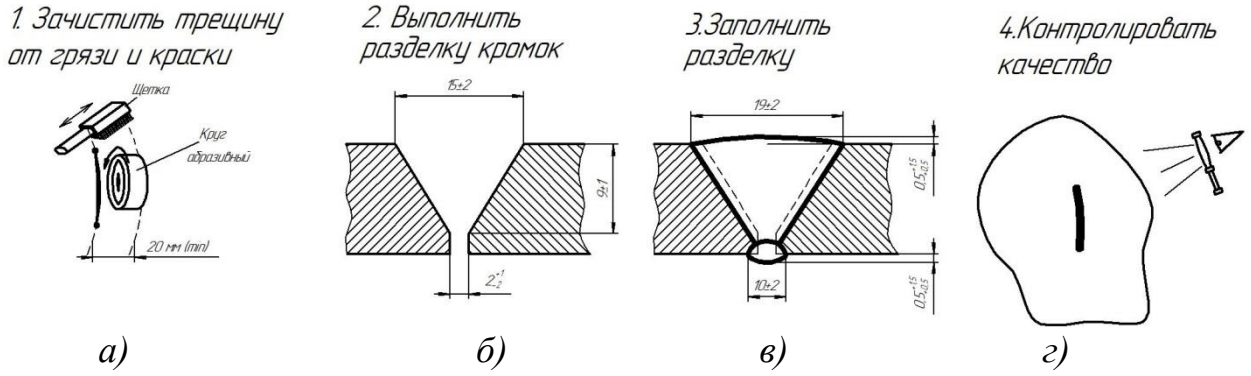


Рисунок 5 – Операции технологического процесса ремонтной сварки

При выполнении первой операции происходит зачистка трещины на ширину 20…25 мм от её видимой границы. Зачистку выполняют механическим способом шлифовальной машинкой ИЭ-2106, представленной на рисунке 6-*а*.

После того, как выполнили зачистку, необходимо уточнить параметры трещины, её длину и расположение концов. В случае возникновения необходимости следует применить методы неразрушающего контроля, к которым относят травление, магнитную дефектоскопию и проникающие растворы.

После уточнения параметров трещины необходимо оценить её ремонтопригодность. «В случае, если длина трещины превышает 100 мм, а сама трещина располагается параллельно сварному шву, ремонтная заварка трещины допускается, если расстояние между трещиной и сварным швом составляет не менее 100 мм. В случае, если длина трещины не превышает 100 мм, а сама трещина располагается параллельно сварному шву, ремонтная сварка такой трещины допускается, если расстояние между трещиной и сварным швом составляет не менее 20 мм» [5]. Если трещина пересекает сварной шов, такую трещину ремонтировать ремонтной заваркой не допускается, и ковш подлежит утилизации.

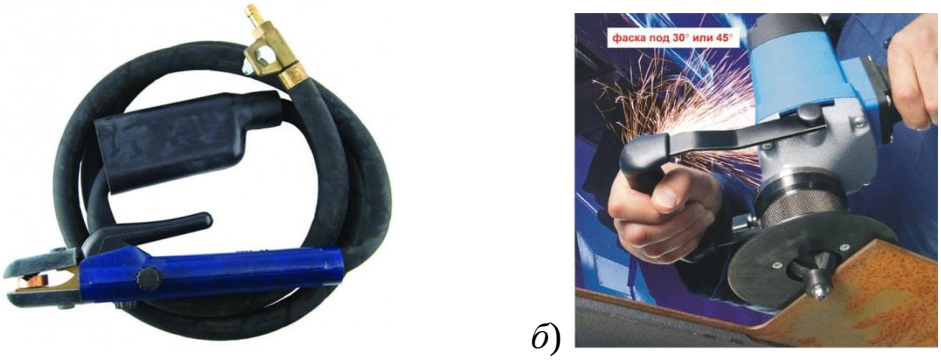
После того, как уточнены параметры трещины и расположение её концов, следует засверлить концы трещины сверлом с диаметром не менее 7 мм. При сверлении необходимо размещать центр сверла таким образом, чтобы он отстоял от конца трещины на половину диаметра сверла. Для выполнения сквозного отверстия используется сверлильный станок на магнитном основании МС-36, внешний вид которого представлен на рисунке 6-*б*.

При выполнении второй операции по всей длине трещины проводят разделку кромок. Геометрические параметры такой разделки должны соответствовать сварному шву С17, С18 или С23 согласно ГОСТ 5264. В ходе выполнения операции проводят выборку дефектного места с

применением строгача К-3000, который представлен на рисунке 7-*а*. Далее обработку кромок выполняют с применением ручной кромкофрезеровальной машины ЕКФ-300, которая представлена на рисунке 7-*б*.

а) *б*)

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



а) *б*)

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

На третьей операции заплавляют разделку кромок ручной дуговой сваркой электродами ДСК-50. При использовании этих электродов наплавленный металл имеет химический состав и механические свойства, представленные в таблице 4 и таблице 5 соответственно.

Таблица 4 – Содержание химических элементов в наплавленном металле электродами ДСК-50

«C	Mn	Si	Ni	S	P
до 0,1	0,8…1,0	0,4…0,55	-	до 0,03	до 0,03

Таблица 5 – Механические свойства наплавленного металла при применении электродов ДСК-50

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	
	$\sigma_т$, Н/мм^2	$\sigma_в$, Н/мм^2	δ, %	+20°С, Дж/см^2	-40°С, Дж/см^2
ДСК-50	430	510	20	196	137» [5]

«Перед ремонтной сваркой выполняют прокалку электродов. Температура прокалки составляет 360…380 °С, продолжительность прокалки составляет 2 часа. После прокалки электроды помещают в печь, которая предварительно разогрета до температуры 80…100 °С. Электроды поштучно вынимаются из печи непосредственно перед использованием» [3]. Если в течение смены какое-то количество электродов не было использовано, этот остаток следует отложить и использовать заново после проведения повторной прокалки. Общее число прокалок не должно превышать трёх штук, после чего электроды становятся непригодными и подлежат утилизации.

В качестве источника питания дуги применяется сварочный выпрямитель сварочный ВД-252, который приведён на рисунке 8.

Для того, чтобы избежать перегрева основного металла, заполнение разделки трещины выполняют валиками за несколько проходов. Необходимо добиваться получения плавного перехода от основного металла к наплавленному металлу. В ходе заполнения разделки недопустимо прерывание процесса вплоть до полной заварки трещины. Выполненные на концах трещины отверстия заплавлять не нужно. После того, как выполнена заварка трещины, следует выполнить зачистку наплавленного металла заподлицо с основным металлом.

Четвертую операцию – контроль качества, выполняют с применением визуально-измерительного контроля и ультразвукового контроля. В ходе проведения визуально-измерительного контроля устанавливают соответствие размеров шва заданным и отсутствие видимых недопустимых дефектов. Объём визуально-измерительного контроля составляет 100 %. Объём

ультразвукового контроля тоже составляет 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяют отсутствие недопустимых дефектов в металле сварного шва и околошовной зоне.

Рисунок 8 – Выпрямитель сварочный ВД-252

При контроле качества недопустимыми дефектами считаются: «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» [19].

«Визуально-измерительный контроль осуществляется с применением оборудования, представленного на рисунке 9. В состав набора для визуально-измерительного контроля входят универсальный шаблон сварщика УШС-3, металлическая линейка Л-300, штангенциркуль ШЦ-1-125, просмотровые лупы 4 крат и 7 крат., измерительная лупа ЛИЗ-10х 10-кратного увеличения, металлический угольник, маркер по металлу, набор щупов, электрический фонарик» [19].

Рисунок 9 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля

Базовая технология ремонтной заварки трещины на ковше фронтального погрузчика предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Следует отметить малую производительность этого процесса, ресурс повышения которой за счёт применения оптимальным параметров режима сварки и современного сварочного оборудования может считаться полностью исчерпанным.

В качестве второго недостатка следует признать тяжелые условия труда сварщика, связанные с вредными испарениями от обмазки сварочных электродов. В результате возникает риск получения сварщиком профессиональных заболеваний. Существенно повышаются затраты на обеспечение безопасности труда сварщиков.

В качестве третьего недостатка необходимо указать малую стабильность качества выполняемого ремонта, которая существенно зависит от профессионализма сварщика, выполняющего ремонтную заварку трещины.

Четвёртым недостатком является значительный расход дорогостоящих электродов на образование огарков, угар и разбрызгивание. Из-за того, что сварочные электроды необходимо периодически заменять, производительность и качество сварочных работ существенно снижаются.

«Отмеченные недостатки ручной дуговой сварки привели к тому, что она повсеместно заменяется другими, более перспективными способами, производительность и стабильность качества которых выше» [3].

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте элементов дорожно-строительной техники на примере ковша фронтального погрузчика.

На основании анализа дефектов, которые встречаются в конструкции ковша и требуют исправления, принято решение о наибольшем распространении трещины боковой стенки. При исправлении этого дефекта базовая технология предусматривает применение ручной дугой сварки штучными электродами.

Анализ базовой технологии позволил сформулировать её недостатки:

– ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
– недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
– тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;
– увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решая которые, поставленная цель будет достигнута:

– обосновать замену ручной дуговой сварки на более перспективный способ сварки, для чего необходимо выполнить анализ альтернативных способов сварки и их экспертную оценку;
– повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к ремонтной сварки рассматриваемой детали;
– назначить оптимальные параметры режима сварки, выбрать оборудование и сварочные материалы, составить проектную технологию ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика.

2 Составление проектной технологии ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика

2.1 Анализ и экспертная оценка альтернативных способов ремонтной сварки

В качестве исходных данных для обоснования выбора способа сварки выступает материал свариваемого изделия, его толщина и положение сварного шва [20]. Рассматриваемая конструкция, подлежащая восстановлению, изготавливается из стали 15ХСНД и имеет толщину 12 мм. Положение сварного шва отлично от нижнего. Если не кантовать ковш перед варкой, то шов будет иметь горизонтальное и вертикальное положение. Если и имеется возможность кантования ковша, то шов будет иметь нижнее положение.

Сварка металлических конструкций из стали 15ХСНД может выполняться всеми известными способами сварки практически без ограничений [20]. На этом основании можно обозначить наиболее применимые способы сварки:

– «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» [20].

При рассматриваемой толщине металла применение газовой сварки и сварки неплавящимся электродом приводит к снижению производительности и повышению себестоимости, в числе возможных способов можно выделить:

– «ручная дуговая сварка,

– сварка плавящимся электродом в защитных газах,

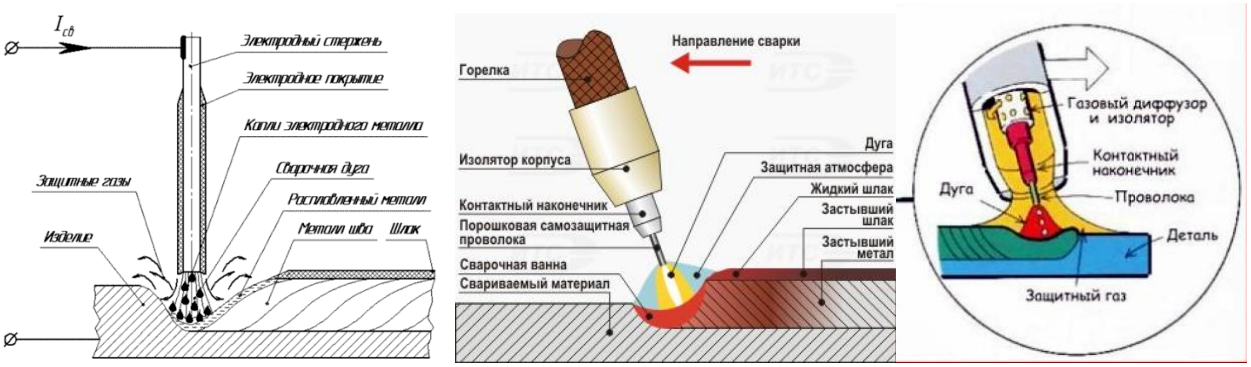
– лазерная сварка,

– сварка под флюсом,

– сварка самозащитной порошковой проволокой» [20].

На основании того, что длина рассматриваемого сварного шва составляет порядка 100 мм, а положение в пространстве – преимущественно вертикальное и горизонтальное, сварку под флюсом и лазерную сварку следует отбросить как малоперспективные для рассматриваемого изделия. На основании этого в качестве альтернативных способов сварки следует рассмотреть:

– «ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-*а*;
– механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-*б*;
– механизированную сварку плавящимся электродом в защитных газах, схема выполнения которой представлена на рисунке 10-*в*» [8].



а) *б)* *в)*

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

Ручная дуговая сварка может быть признана самым распространенным способом ремонтной сварки в настоящее время. Это объясняется такими преимуществами, как [13], [14], [19]:

– относительная дешевизна и простота сварочного оборудования;

– возможность проведения ремонтной сварки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования;
– построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

Ручная дуговая сварка очень распространена при выполнении монтажных работ и выпуске товарной продукции. Её применение не требует серьёзного метрологического обеспечения и подготовки производства. Применение ручной дуговой сварки может быть начато практически сразу после организации сварочного поста.

В настоящее время применение ручной дуговой сварки планомерно сокращается. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве:

– увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;
– низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
– недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
– тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

В настоящее время происходит планомерная замена ручной дуговой сварки механизированными и автоматическими способами [12], [16], [18]. В качестве альтернативы ручной дуговой сварки выступает механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах. Преимуществами её являются:

– производительность, которая выше, чем у ручной дуговой сварки;
– в процессе сварки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве сварных швов;
– расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой порошковой проволокой вязкостью, что позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях;
– оборудование для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой сварки, но намного проще, чем для сварки неплавящимся электродом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это деталей порошковая проволока.

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются [16], [17]:

– наличие газовых баллонов и механизма подачи проволоки, что несколько усложняет способ сварки и снижает его мобильность;
– повышенное разбрызгивание электродного металла ограничивает ток сварки и не позволяет повысить производительность сварочных работ за счёт перехода на форсированные режимы сварки;
– из-за пониженной пластичности расплавленного металла повышается вероятность получения трещин.

Преимущества сварки самозащитной проволокой наиболее сильно раскрываются при выполнении монтажной и ремонтной сварки [4], [23]. В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить:

– отсутствие газовой аппаратуры, что повышает мобильность способа сварки при выполнении монтажных и ремонтных работ;
– улучшение защиты шва при сварке на открытом воздухе;
– возможность повышения производительности сварки по сравнению со сваркой проволоками сплошного сечения.

В качестве недостатков сварки самозащитной порошковой проволокой следует отметить:

- горение самозащитной проволоки происходит неравномерно, оболочка проволоки расплавляется, а сердечник проволоки может просыпаться в сварочную ванну и становиться причиной образования пор и шлаковых включений;
- из-за повышенной текучести шлака при сварке порошковой самозащитной проволокой высока опасность образования шлаковых карманов, усложняется сварка в узкую разделку и сварка корневого слоя шва;
- наличие шлака на поверхности сварного шва приводит к необходимости зачистки при выполнении многослойных швов, что снижает производительность выполняемых работ;
- высокая текучесть металла сварочной ванны существенно усложняет выполнение вертикальных и потолочных швов;
- самозащитная проволока склонна к заломам, что предъявляет повышенные требования к подающему механизму и уменьшает расстояние, на которое может быть подана проволока.

Для проведения экспертной оценки альтернативных способов ремонтной сварки выбраны критерии оценки, в качестве которых выступают:

- стоимость сварочного и вспомогательного оборудования;
- производительность рассматриваемого способа сварки;
- стабильность качества выполнения сварных соединений;
- условия труда сварщика и расходы на безопасность труда;
- маневренность сварочного оборудования при выполнении сварки;
- экономичность рассматриваемого способа сварки.

На основании экспертной оценки каждого способа построена диаграмма, представленная на рисунке 11. По диаграмме видно, что наиболее эффективно при ремонтной сварки рассматриваемого изделия проявит себя механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

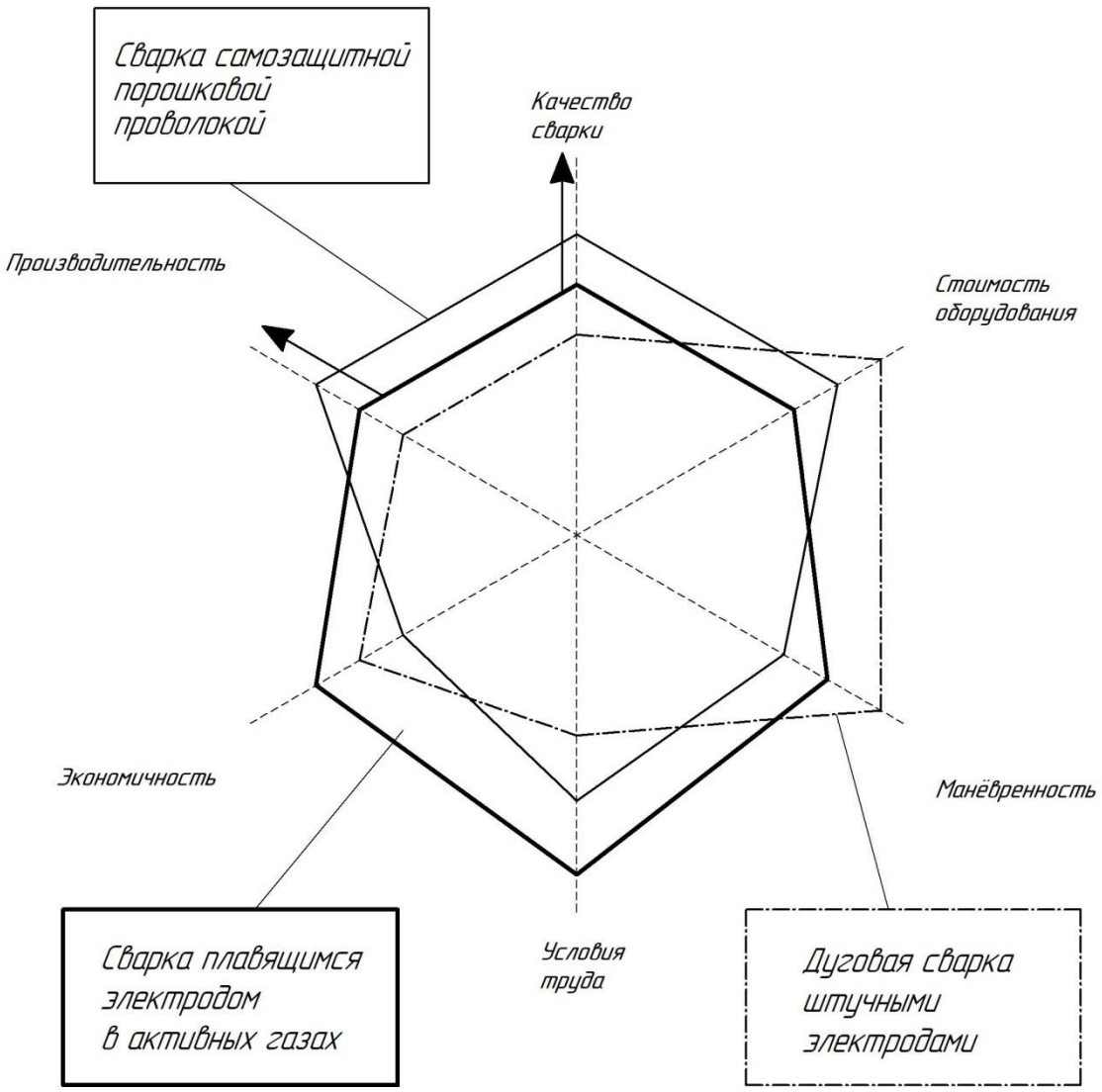


Рисунок 11 – Экспертная оценка альтернативных способов ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика

Были вставлены экспертные оценки по каждому из перечисленных выше критериев для рассматриваемых способов сварки.

Для ручной дуговой сварки (сумма баллов – 11):

– стоимость сварочного и вспомогательного оборудования – 3;

– производительность рассматриваемого способа сварки – 1;

– стабильность качества выполнения сварных соединений – 1;

– условия труда сварщика и расходы на безопасность труда – 1;

– маневренность сварочного оборудования – 3;

– экономичность рассматриваемого способа сварки – 2.

Для механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой (сумма баллов – 12):

– стоимость сварочного и вспомогательного оборудования – 2;
– производительность рассматриваемого способа сварки – 3;
– стабильность качества выполнения сварных соединений – 3;
– условия труда сварщика и расходы на безопасность труда – 2;
– маневренность сварочного оборудования – 1;
– экономичность рассматриваемого способа сварки – 1.

Для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (сумма баллов – 13):

– стоимость сварочного и вспомогательного оборудования – 1;
– производительность рассматриваемого способа сварки – 2;
– стабильность качества выполнения сварных соединений – 2;
– условия труда сварщика и расходы на безопасность труда – 3;
– маневренность сварочного оборудования – 2;
– экономичность рассматриваемого способа сварки – 3.

По суммарному количеству баллов механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах получает первое место и будет использована для построения проектной технологии. Резервом для повышения эффективности сварки (и получения дополнительных баллов) является повышение производительности и стабильности качества сварки, что даст дополнительные два балла.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах

Технологические возможности и экономическая эффективность механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах определяются характером плавления и переноса электродного металла. В зависимости от этого изменяется поведение дуги при сварке и её

пространственная устойчивость. Кроме этого, характер плавления и переноса электродного металла обуславливает тепловой баланс и особенности металлургических реакций в сварочной ванне. Кроме того, управляя переносом электродного металла при сварке можно устранить разбрызгивание и оптимизировать геометрию сварного шва [16], [25], [26], [27].

На диаграмме, представленной на рисунке 12, показаны основные параметры и воздействия, которые определяют тип переноса электродного металла при сварке. К этим параметрам и воздействиям относят состав защитного газа, источник питания дуги, механизм подачи сварочной проволоки, состав электродной проволоки, производственные возмущения [24], [29], [30], [31].

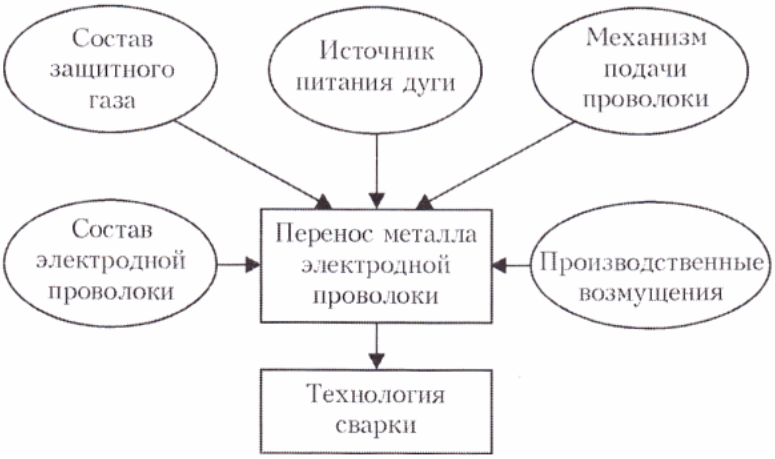
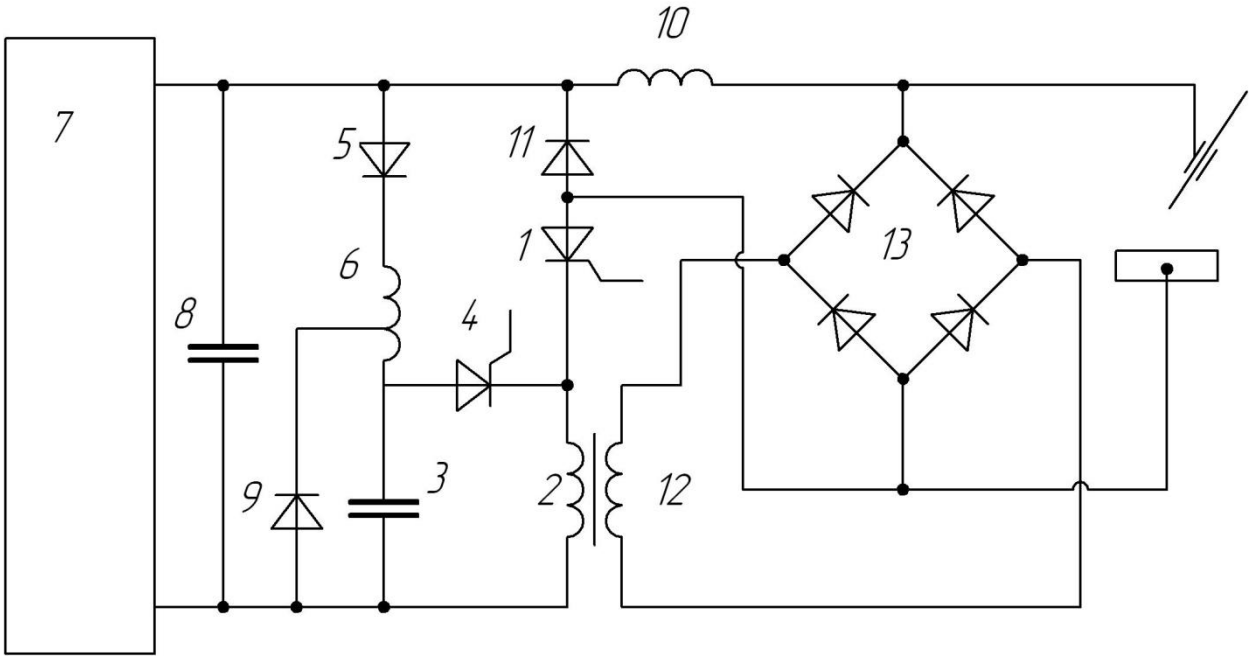


Рисунок 12 – Схема основных параметров сварочного процесса, воздействующих на перенос металла электрода

Перспективным следует признать направление, предусматривающее разработку импульсных источников питания сварочной дуги, применение которых позволяет:

– обеспечить направленный перенос электродного металла при сварке;
– возможность получения качественных соединений при сварке во всех пространственных положениях;
– существенно уменьшить потери металла на угар и разбрызгивание;
– повысить стабильность качества сварных швов и их внешний вид.



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

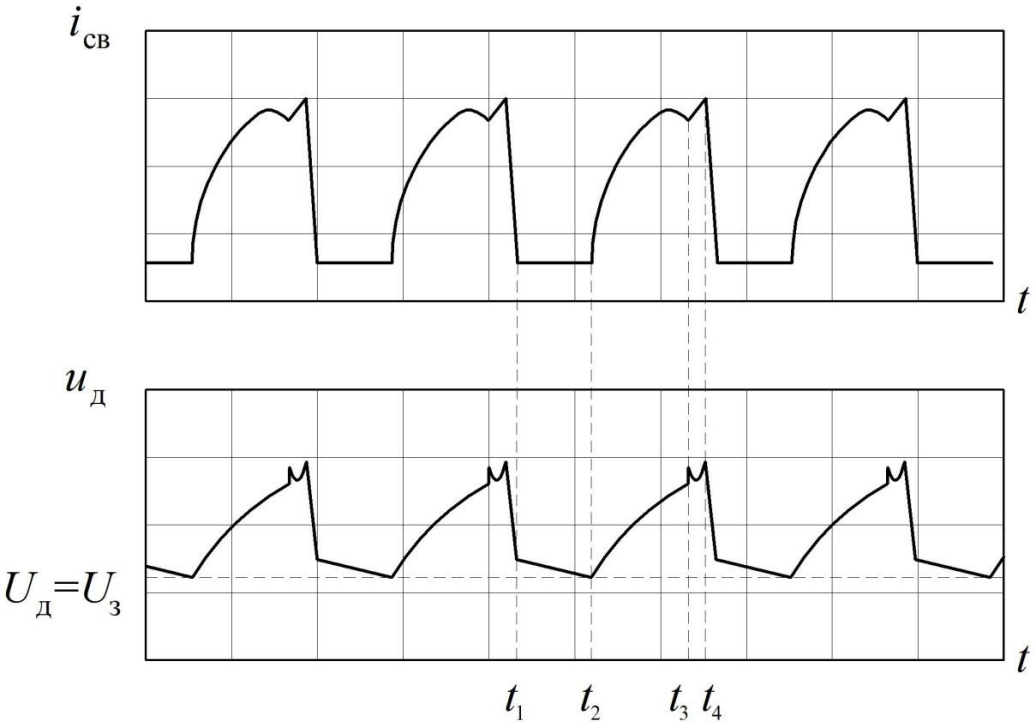


Рисунок 14 – Управление током в предлагаемом способе импульсно-дуговой сварки

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].

На рисунке 14 показаны осциллограммы тока и напряжения, которые получают в процессе сварки с импульсным управлением горением дуги. На промежутке времени t_1-t_2 происходит горение дежурной дуги, которая характеризуется минимальным током, составляющим 15…40 А. В течение этого интервала времени за счёт подачи проволоки уменьшается дуговой промежуток. В момент времени t_2 происходит подача импульса сварочного тока. В момент времени t_3 капля расплавленного металла отрывается от торца электродной проволоки. В течение временного промежутка t_3-t_4 происходит дозированная подача энергии, которая тратится на расплавление следующей капли электродного металла.

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика

Перед началом ремонтной 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 °С. При этом обязателен предварительный подогрев кромок и прилегающих к ним участков основного металла. Температура предварительного подогрева 120…150 °С. 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» [19].

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 °С. 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» [19].

После поступления на предприятие необходимо, чтобы проволоку принял отдел технического контроля, который осуществляет проверку сертификата и состояние поверхности проволоки.

Для того, что стабилизировать качество выполнения сварного шва и повысить технологические свойства проволоки, её поверхность покрывают слоем меди, который образует гладкую поверхность. Толщина слоя меди на поверхности проволоки должна быть не менее 0,15 мкм, при этом медное покрытие должно крепко сцепляться с проволокой.

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.

При использовании углекислого газа допускается применение с чистотой не ниже 98,8%. Подача углекислого газа в зону сварки должна осуществляться через осушающее устройство. Перед использованием газа следует выполнить его проверку отделом технического контроля.

Перед выполнением сварки следует выполнить пробную наплавку на стальную пластину длиной 100…150 мм. О качестве сварочных материалов судят по анализу поверхности наплавки, устойчивости горения дуги, разбрызгиванию и характеру переноса металла.

«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.

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 ½ диаметра сверла дальше конца трещины» [3].

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

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

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

Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	
$\sigma_т$, Н/мм^2	$\sigma_в$, Н/мм^2	δ, %	°C	Дж/см^2
448	560	24	-20 °C	80
			-40 °C	60» [5]

а)

б)

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

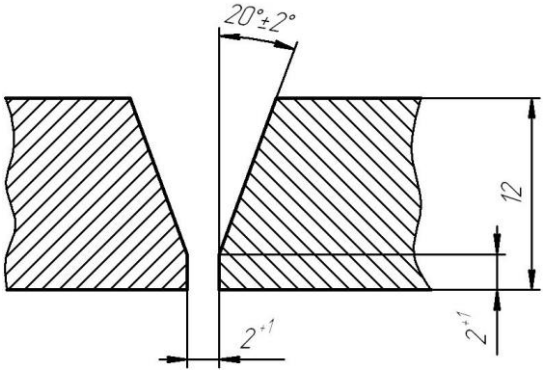
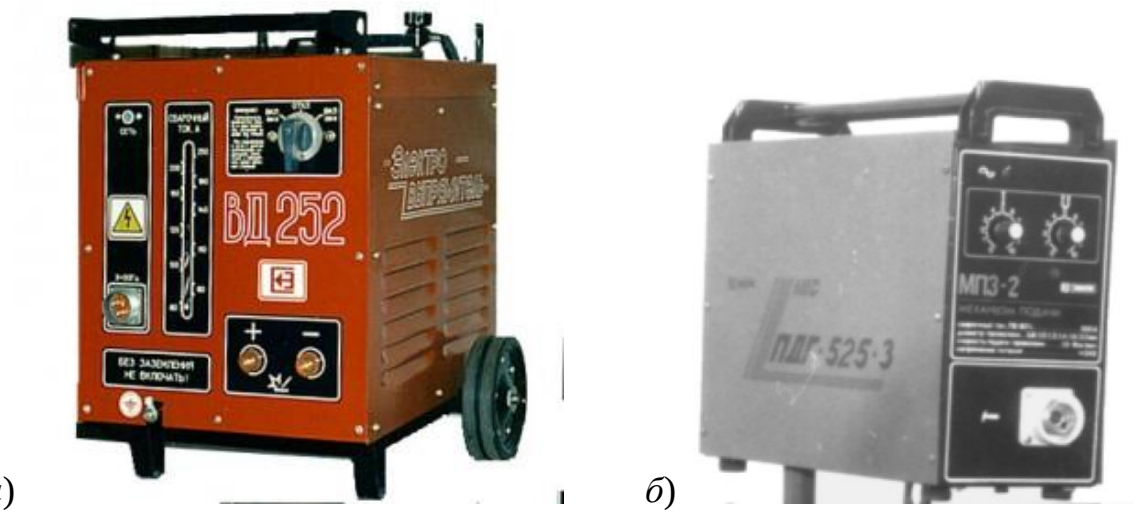


Рисунок 16 – Геометрия разделки кромок по ГОСТ 14771-78

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» [3].

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). Расход газа при сварке принимаем 1,0...1,4 м^3/ч.



а) *б*)

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» [19].

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*.

После выполнения заварки трещины необходимо выполнить зачистку поверхности сварного шва заподлицо с основным металлом. При этом следует соблюдать направление рисок от шлифовки, которые должны располагаться вдоль предполагаемых силовых воздействий.

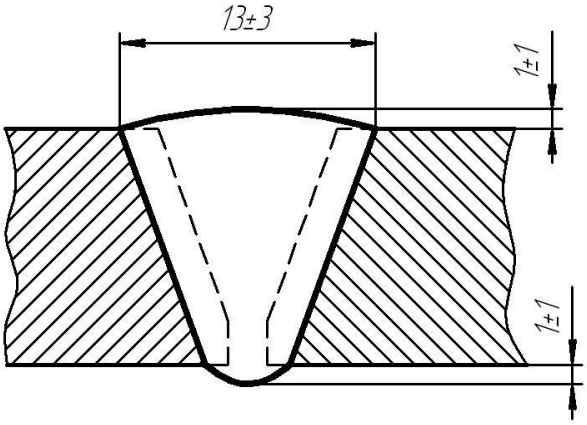


Рисунок 19 – Геометрия сварного шва при заварке трещины

После заварки трещины необходимо выполнить контроль качества. Сразу после сварки выполняют визуальный контроль, объём которого составляет 100 % поверхности шва. При этом применяется лупа с 4-х кратным увеличением. Недопустимы следующие дефекты:

– трещины всех видов и направлений;
– подрезы основного металла более 1 мм;
– незаваренные кратеры;
– занижение или завышение размера сварного шва;
– резкий переход от сварного шва к основному металлу;

– наплывы;
– незаполнение разделки шва;
– непровар корня шва глубиной более 3 мм;
– грубая чешуйчатость;
– поверхностные раковины и поры диаметром более 1,5 мм.

Выводы по второму разделу

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика.

По результатам анализа состояния вопроса были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы. Эти задачи были решены в ходе выполнения настоящего раздела.

По результатам экспертной оценки альтернативных способов сварки в проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

На основании анализа литературных данных для повышения эффективности ремонтной сварки предложено использовать импульсное управление сварочной дугой. Это управление будет осуществлено с применением разработок отечественных исследователей [1].

Проектная технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций: зачистка, засверливание концов трещины, разделка кромок трещины, заполнение разделки дуговой сваркой, контроль качества.

Для достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [6].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология ремонтной сварки элементов дорожно-строительной техники.

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. Во-первых, изменились операции согласно карте технологического процесса. Во-вторых, используется оборудование, отличное от оборудования для осуществления базового процесса. В-третьих, изменены параметры режима сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 8 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
-«подготовка трещины	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина угловая шлиовальная, - магнитный сверлильный станок	- СОЖ, - круги абразивные, - рукавицы, - ветошь
- разделка кромок	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125	- щётка металлическая, - вода техническая
- 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
- контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло
- 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-O, - лигосульфат, - углекислый газ
- контроль качества» [11]	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

Анализ данных в таблице 8 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 9. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1) подготовка трещины	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- машина угловая шлиовальная, - магнитный сверлильный станок
2) разделка кромок	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125
3) сварка	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525

Продолжение таблицы 9

1	2	3
4) контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп
5) наплавка износостойкого слоя	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- выпрямитель дуговой сварки ВД-252, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525
6) контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп

Таким образом, на основании проведённой идентификации профессиональных рисков, которые возникают при реализации проектной технологии, было выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- ультразвуковое излучение.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 10. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнуть опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 11. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 12

Таблица 11 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	«Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре» [6]
Участок ремонтной сварки деталей дорожно-строительной техники	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)» [6]	«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» [11].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [6].

Таблица 12 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

«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» [6]

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 деталей дорожно-строительной техники	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [6].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [6].

Для того чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 13.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 14 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная сварка деталей дорожно-строительной техники	- подготовка - разделка кромок - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 15 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной сварки деталей машин
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 14. По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 15.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки изделия.

В проектной технологии применяется ремонтная технология с применением механизированной сварки в защитных газах, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные а разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

На основании анализа дефектов, которые встречаются в конструкции ковша и требуют исправления, принято решение о наибольшем распространении трещины боковой стенки. При исправлении этого дефекта базовая технология предусматривает применение ручной дугой сварки штучными электродами.

Анализ базовой технологии позволил сформулировать её недостатки:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;
- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

По результатам экспертной оценки альтернативных способов сварки в проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

На основании анализа литературных данных для повышения эффективности ремонтной сварки предложено использовать импульсное управление сварочной дугой.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Таблица 16 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_р$	-	V	V
Часовая тарифная ставка	*С*ч	Р/час	170	170
Коэффициент доплат	*К*доп	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_д$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	*К*сн	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{ВН}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	*Ц*об	руб.	200 тыс.	600 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_а$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	12	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	*К*т -з	%	5	5
Стоимость электрической энергии	*Ц*э-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	*S*	$м^2$	100	100
Стоимость эксплуатации площадей	*С*эксп	$(Р/м^2)$/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	*Н*а.пл.	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	*Е*н	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	*К*цех	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [11]	*К*зав	-	1,15	1,15

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11].

В таблицу 16 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $Д_р = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на одни час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $К_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_н = (Д_р \cdot T_{см} - Д_п \cdot T_п) \cdot К_{см} . \quad (1)$$

По результатам подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_н = (277 \cdot 8 – 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_н(1\text{-}B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 – 7/100) = 2054$ ч.

Полученная величина фонда времени работы технологического оборудования будет использована при дальнейших экономических расчётах.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{маш}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{всп}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{отд}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{п\text{-}з}$):

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$t_{шт.баз} = 4\cdot(100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 5$ ч.

$t_{шт.проектн.} = 2{,}5\cdot(100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3$ ч.

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_г = F_э / t_{шт}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$Пг._{баз.} = 2054/5 = 410$ дефектов за год;

$Пг._{проектн.} = 2054/3 = 684$ дефектов за год.

При дальнейших вычислениях руководствуемся объёмом годовой программы для базового и проектного вариантов технологии, которая составляет Пг = 400 дефектов за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн}$ = 1,03:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_г / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{5 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,9$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,6$$

Для дальнейших расчётов принимаем, что количество оборудования для базового и технологического проектного вариантов технологии составляет n=1. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Кз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

Кзб = 0,9/1 = 0,9;

Кзп = 0,6/1 = 0,6.

Полученные коэффициенты загрузки будут использованы далее.

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – штучные электроды для ручной дуговой сварки, а в проектном варианте технологии – сварочную

проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов $Н_р$, цены материалов $Ц_м$ и коэффициента $К_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$М = Ц_м \cdot Н_р \cdot К_{т\text{-}з}, \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$М_{баз.}$ = 354 р/кг·1,58 см^2·50 см·7,8 г/ см^3·1,80·1,05:1000 = 412 руб.;

$М_{баз.}$ = 78 р/кг·1,0 см^2·50 см·7,8 г/ см^3·1,2·1,05:1000+16 руб. = 55 руб.

Расчёт величины основной заработной платы $З_{осн}$ выполняем с учётом ранее определённого штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки $С_ч$ с учётом коэффициента $К_д$ доплат к заработной плате:

$$З_{осн} = t_{шт} \cdot С_ч \cdot К_д. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$З_{осн.баз.}$ = 5·170·1,88 = 1410 руб.

$З_{осн.проектн.}$ = 3·170·1,88 = 960 руб.

Дополнительная заработная плата $З_{доп}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $К_{доп}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $З_{осн}$:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot К_{доп} / 100. \quad (9)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$З_{доп.базов.}$ = 1410·12/100 = 169 руб.;

$З_{доп.проектн.}$ = 960·12/100 = 115 руб.

Расчёт объёма фонда заработной платы *ФЗП* выполняем как сумму основной заработной платы $З_{осн}$ и дополнительной заработной платы $З_{доп}$:

$ФЗП_{базов..}$ = 1410 + 169 = 1579 руб.;

$ФЗП_{проектн.}$ = 960 + 115 = 1075 руб..

Размер отчислений «на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитывается исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле» [11]:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$Осс_{баз.}$ = 1579·34/100 = 537 руб.

$Осс_{проектн.}$ = 1075·34/100 = 366 руб.

Для вычисления затрат на оборудование $З_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$З_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации $H_а$, эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $Ц_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$А_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{F_Э \cdot 100}. \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$A_{об.\ баз.}$ = 200000 · 21,5 · 5 / 2054 / 100 = 105 руб.,

$A_{об.\ пр.}$ = 600000 · 21,5 · 3 / 2054 / 100 = 188 руб.

При расчёте затрат на электрическую энергию, которую предполагается затратить на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам учтём цену электрической энергии $Ц_{ээ}$, установленную мощность оборудования $M_{уст}$ и коэффициент полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ} / КПД. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$P_{ээ\ баз}$ = 5 · 12 · 3,2 / 0,7 = 274 руб.,

$P_{ээ\ пр}$ = 3 · 20 · 3,2 / 0,85 = 226 руб.

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$Зоб_{баз.}$ = 105 + 274 = 379 руб.;

$Зоб_{проектн.}$ = 188 + 226 = 414 руб.

«Расчёт величины технологической себестоимости $C_{тех}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы *ФЗП*, материалы *М*, оборудование $З_{об}$ и отчислений на социальные нужды $O_{сс}$» [11]:

$$С_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{ОБ} \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$С_{ТЕХБаз.}$ = 412 + 1579 + 537 + 379 = 2907 руб.

$С_{ТЕХПроектн.}$ = 55 + 1075 + 366 + 414 = 1910 руб.

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{тех}$, основной заработной платы $З_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$С_{ЦЕХБаз.}$ = 2907 + 1,5·1410 = 2907 + 2115 = 5022 руб.,

$С_{ЦЕХПроектн.}$ = 1910 + 1,5·960 = 1910 + 1440 = 3350 руб.

Расчёт заводской себестоимости $C_{зав}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной

платы $З_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $К_{цех}$:

$$С_{зав} = С_{цех} + З_{осн} \cdot К_{зав}. \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$С_{ЗАВБаз.}$ = 5022 + 1,15·1410 = 5022 + 1622 = 6644 руб.,

$С_{ЗАВПроектн.}$ = 3350 + 1,15·960 = 3350 + 1104 = 4454 руб.

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. «Затраты на материалы	М	412	55
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	1579	1075
3. Отчисления на соц. нужды	$О_{СН}$	537	366
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	379	414
5. Величина технологической себестоимости	Стех	2907	1910
6. Объём цеховых расходов	Рцех	2115	1440
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	5022	3350
8. Объём заводских расходов	Рзав	1622	1104
9. Величина заводской себестоимости» [11]	$С_{ЗАВ}$	6644	4454

На основании данных в таблице 17 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{общ.\ б.}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з.\ б.}$ и стоимости оборудования $Ц_{об.б}$, которые были определены для базового варианта технологии:

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

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы $T_с$, рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв}$ и нормы амортизации $H_а$:

$$Ц_{об.б.} = Ц_{ПЕРВ.} – (Ц_{ПЕРВ} \cdot Т_{СЛ} \cdot Н_А/100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$Ц_{ОБ.Баз.}$ = 200000 – (100000 ·2·21,5/100) = 114000 руб.;

$К_{ОБЩБаз.}$ = 114000·0,9 = 103000 руб.

Величина капитальных затрат $K_{общ.\ пр.}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{пл.\ пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и затрат на оборудование $K_{об.\ пр.}$:

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

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{об.\ пр.}$ рассчитывается по цене оборудования $Ц_{об.\ пр.}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$К_{об.пр}$ = 600000·1,05·0,6 = 360000 руб.

Величина сопутствующих капитальных затрат $К_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $К_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $К_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

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

«Величина затрат на демонтаж $К_{дем}$ и монтаж $К_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений» [11]:

$$К_{дем} = Ц_{об.\ б.\ .} \cdot К_{д}, \quad (22)$$

$$К_{монт} = Ц_{об.\ пр.\ .} \cdot К_{м}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$К_{дем}$ = 200000·0,05 = 10000 руб.

$К_{монт}$ = 600000·0,05 = 30000 руб.

$К_{соп}$ = 10000 + 30000 = 40000 руб.

$К_{общ.пр.}$ = 360000 + 40000 = 400000 руб.

Размер дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$К_{доп} = К_{общпр} – К_{общб}: \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$К_{доп}$ = 400000 – 103000 = 297000 руб.

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы $П_г$ как:

$$К_{уд} = \frac{К_{общ.}}{П_г}, \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$К_{УДБаз.}$ = 103000/400 = 258 руб./ед.;

$К_{УДПроектн.}$ = 400000/400 = 1000 руб./ед.

Полученные расчётные значения удельных капитальных вложений по базовому и проектному вариантам применим в дальнейших расчётах.

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

$$\Delta t_{ШТ} = \frac{t_{ШТБ} - t_{ШТПР}}{t_{ШТБ}} \cdot 100\% \quad . \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{ШТ} = \frac{5-3}{5} \cdot 100\% = 40\%$$

Повышение производительности труда $П_т$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

$$П_Т = \frac{100 \cdot \Delta t_{ШТ}}{100 - \Delta t_{ШТ}} . \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$П_т$ = (100·40)/(100-40) = 67 %.

Снижение технологической себестоимости $\Delta С_{тех}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$\Delta С_{тех}$ = (2907– 1910)·100% / 2907 = 34%.

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(С^{б}_{зав} - С^{пр}_{зав}\right)\cdot П_{Г} \ . \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$Э_{У.Г.}$ = (6644 – 4454)·400 = 876000 руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$Т_{ОК} = \frac{К_{ДОП}}{Э_{УГ}} \quad . \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$T_{ок}$ = 297000 / 876000 = 0,3 года

Годовой экономический эффект $Э_г$, который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$Э_г = Э_{уг} - E_н \cdot K_{доп} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: Эг = 876000 – 0,33·29700 = 778000 руб.

Таким образом, рассчитанный экономический эффект составляет порядка 0,8 млн. рублей в год.

Выводы по экономическому разделу

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных операций при ремонте деталей дорожно-строительной техники.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Предложена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 40 %, а производительность труда увеличилась 67 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 34 %.

Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,876 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,778 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных технологий при ремонте элементов дорожно-строительной техники на примере ковша фронтального погрузчика.

На основании анализа дефектов, которые встречаются в конструкции ковша и требуют исправления, принято решение о наибольшем распространении трещины боковой стенки. При исправлении этого дефекта базовая технология предусматривает применение ручной дугой сварки штучными электродами.

Анализ базовой технологии позволил сформулировать её недостатки:

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11].

Сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать замену ручной дуговой сварки на более перспективный способ сварки, для чего необходимо выполнить анализ альтернативных способов сварки и их экспертную оценку;
- повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к ремонтной сварки рассматриваемой детали;
- назначить оптимальные параметры режима сварки, выбрать оборудование и сварочные материалы, составить проектную технологию ремонтной сварки ковша фронтального погрузчика.

По результатам экспертной оценки альтернативных способов сварки в проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

На основании анализа литературных данных для повышения эффективности ремонтной сварки предложено использовать импульсное

управление сварочной дугой. Это управление будет осуществлено с применением разработок отечественных исследователей.

Проектная технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций: зачистка, засверливание концов трещины, разделка кромок трещины, заполнение разделки дуговой сваркой, контроль качества.

Анализ проектного технологического процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные а разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 40 %, а производительность труда увеличилась 67 %. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,778 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

На основании вышеизложенного поставленную цель следует считать достигнутой.

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. Блехерова Н. Г. Прохоров В. В. Пискорский П. В., Глушак Н. В. Автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой. Преимущества процесса // Территория НЕФТЕГАЗ. 2012. № 6. С. 94–95.

5. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. М. : Колос, 1981. 351 с.

6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.

7. Грузин В. В., Нуракова А. С. Обеспечение эффективности восстановления средств механизации в системе планово-предупредительного ремонта // Наука, техника, инновации. 2005. № 4. С. 82–86.

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

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

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

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

12. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.

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

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

15. Ощепков Ф.Н. Современный рынок сварочного оборудования: проблемы и перспективы // Сварка и диагностика. 2013. № 5. С. 62–63.

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

17. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.

18. Рухлин Г.В. Анализ конкурентной ситуации на рынке сварочного оборудования и материалов стран Азиатско-Тихоокеанского региона // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2010. № 6. С. 120–127.

19. 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.

20. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. С.-Пб. : Изд-во «Лань», 2012. 272 с.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

26. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

27. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.

28. Shammazov A. M. Tsenev N. K., Suhanov V.D., Selskii B. E The structure of grain Boundaries and the processes of failure in the ferrite-pearlitic steels // Intergranular and Interphase Boundaries in Materials. Ed. By P. Lejcek, V. Paidar. Trans Tech Publications, 1998. P. 665–668.

29. Yamamoto H., Okazaki K., Harata S. The effect of short circuiting current control on the spatter generation in CO_2 arc welding // Intern. Inst. of Welding : Doc. 212-649–86. 1986. P. 1–17.

30. Yamamoto, T., Ohji T., Miyasaka F., Tsuji Y. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. 2002. № 4. P. 260–264.

31. Wang, F., Hou W. K., Hu S. J. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // J. Phys. D: Applied Physics. 2003. vol. 36. P. 1–19.