

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 Технология сварки при ремонте грузовых вагонов

Обучающийся

Д.Н. Климов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций.

В качестве конкретной конструкции в работе рассматривается грузовой железнодорожный вагон.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки и приварку усиливающей накладки. Как показывает практика и результаты литературного обзора, привариваемая усиливающая накладка становится источником образования новых повреждений в ремонтируемой конструкции и не оправдывается с точки зрения сопротивляемости конструкции усталостным разрушениям.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту металлических транспортных конструкций.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки корпусов вагонов.	7
1.1 Конструкция и условия работы полувагонов.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления элементов кузова полувагона.	9
1.3 Описание операций базового технологического процесса.	15
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	20
2 Разработка проектной технологии ремонтной корпуса полувагона.	21
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	21
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.	24
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки.	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	31
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта	31
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	32
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	33
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	34
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	37
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	39
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	39

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования	41
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии	42
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	44
4. Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	48
4.6 Показатели экономической эффективности.	50
Заключение	52
Список используемой литературы и используемых источников.	54

Введение

В настоящем своём состоянии Российская Федерация имеет значительные территории, около 75 % которых не предназначены для нормального проживания и вряд ли будут облагорожены в течение ближайших десятков лет. При этом для поддержания целостности государства и его функционирования, как политического, так и экономического, необходимо наладить грузопотоки между населёнными территориями, которые в настоящий момент более напоминают анклавов. В этой связи решающую роль играет железнодорожный транспорт, который позволяет одновременно перемещать значительные массы грузов и людские потоки. Роль железнодорожного транспорта возрастает также в связи с недостаточностью проложенных в России автомобильных дорог и отсутствия прямых водных магистралей.

В связи с этим следует признать особую важность рационализации конструкции вагонов для перевозки грузов и повышения их технико-энергетических показателей. Также следует признать необходимость повышения уровня автоматизации при изготовлении и ремонте железнодорожных вагонов.

В настоящее время в Российской Федерации возможно развитие мирового финансового, экономического и энергетического кризиса, результатом совокупного действия которых будет повышение стоимости изготовления или невозможность изготовления некоторых высокотехнологичных и металлоёмких конструкций, к которым следует отнести и вагоны железнодорожного состава. Кроме того, возможное изменение государственных границ может потребовать одновременного перемещения значительных габаритных грузов в условиях опасности отрицательного сохранения целостности конструкции вагонов под действием недружественных факторов.

Поэтому становится актуальным повышение скорости и качества ремонта грузовых вагонов, продления их срока службы и восстановления функциональности.

Значительное распространение получил грузовой полувагон, который применяется для перевозки контейнеров, лесоматериалов, руды, каменного угля, металлолома и прочих грузов, которые могут подвергаться воздействию атмосферных осадков. Под нагрузкой в стенках вагонов образуются дефекты целостности (прорывы, трещины), которые должны своевременно устраняться, так как безопасность эксплуатации напрямую зависит от состояния эксплуатируемого вагона.

Значительную роль в ремонте корпусов вагонов и полувагонов играет ручная дуговая сварка, которая благодаря высокой мобильности и универсальности оборудования очень распространена при выполнении монтажных и ремонтных работ. Однако присущие этому способу сварки недостатки снижают эффективность ремонтных работ. В первую очередь, страдает производительность, которая из всех способов ремонтной сварки минимальная для ручной дуговой сварки. Также следует отметить низкую стабильность качества и образование большого числа дефектов, исправление которых также отрицательно влияет на производительность ремонтных работ, от скорости выполнения которых в настоящее время многое зависит.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы. Цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки при восстановлении целостности стенки грузовых железнодорожных полувагонов.

Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. При этом предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы.

1 Современное состояние ремонтной сварки корпусов вагонов

1.1 Конструкция и условия работы полувагонов

Для перевозки сыпучих и навалочных грузов применяются четырёхосные полувагоны, внешний вид которых представлен на рисунке 1. Эти вагоны используются для перевозки руды, металлолома, угля, руды и прочих грузов, для которых не требуется обеспечения защиты от атмосферных осадков. Конструкция вагона позволяет механизировать и автоматизировать погрузку. При проектировании вагонов модели 12-753 за основу был взят габарит 0-ВМ. Кузов вагона выполнен цельнометаллическим из типовых профилей. Безопасная работа персонала обеспечивается подножками, поручнями и внутренними лестницами. Корпус вагона оборудован кронштейнами, на которые навешивают сигнальные и освещающие устройства. Для крепления грузов в конструкции вагона предусмотрено наличие колец и скоб.



Рисунок 1 – Внешний вид грузового полувагона

На рисунке 2 представлена боковая стенка полувагона, которая включает в себя каркас и гофрированные листы, обозначенные на рисунке позициями 9 и 10. Основу каркаса стенки составляют две угловые стойки, обозначенные на рисунке позицией 3, и шесть промежуточных стоек, обозначенных на рисунке позицией 11. Между стойками расположены верхняя и нижняя обвязки, которые обозначены на рисунке позициями 7 и

12. Верхняя обвязка 7 имеет форму замкнутой коробки и выполнена из двух холодногнутого профиля, толщина которых составляет 6 и 7 мм. Для изготовления нижней 12 обвязки применяется прокатанный уголок сечением 160×100 мм с толщиной стенки 10 мм. Для изготовления стоек применяется гнутый профиль. Угловые стойки выполнены из корытообразного профиля и имеют толщину стенки 8 мм. Промежуточные и шкворневые стойки изготовлены из Л-образного профиля с толщиной стенки 9...13 мм. Для связи угловых стоек и верхней обвязки применяются накладки, обозначенные на рисунке позициями 4 и 5. Для связи угловых стоек и нижней обвязки применяются косынки, обозначенные на рисунке позицией 15. Жёсткость угловой стойки в месте крепления поручней обеспечивается накладками, обозначенными на рисунке позициями 1 и 2. Для обшивки применяются листы. Верхний лист, обозначенный позицией 9, имеет толщину 4 мм. Нижний лист, обозначенный на рисунке позицией 10, имеет толщину 5 мм. Жёсткость листов повышена за счёт применения гофр глубиной 40 мм.

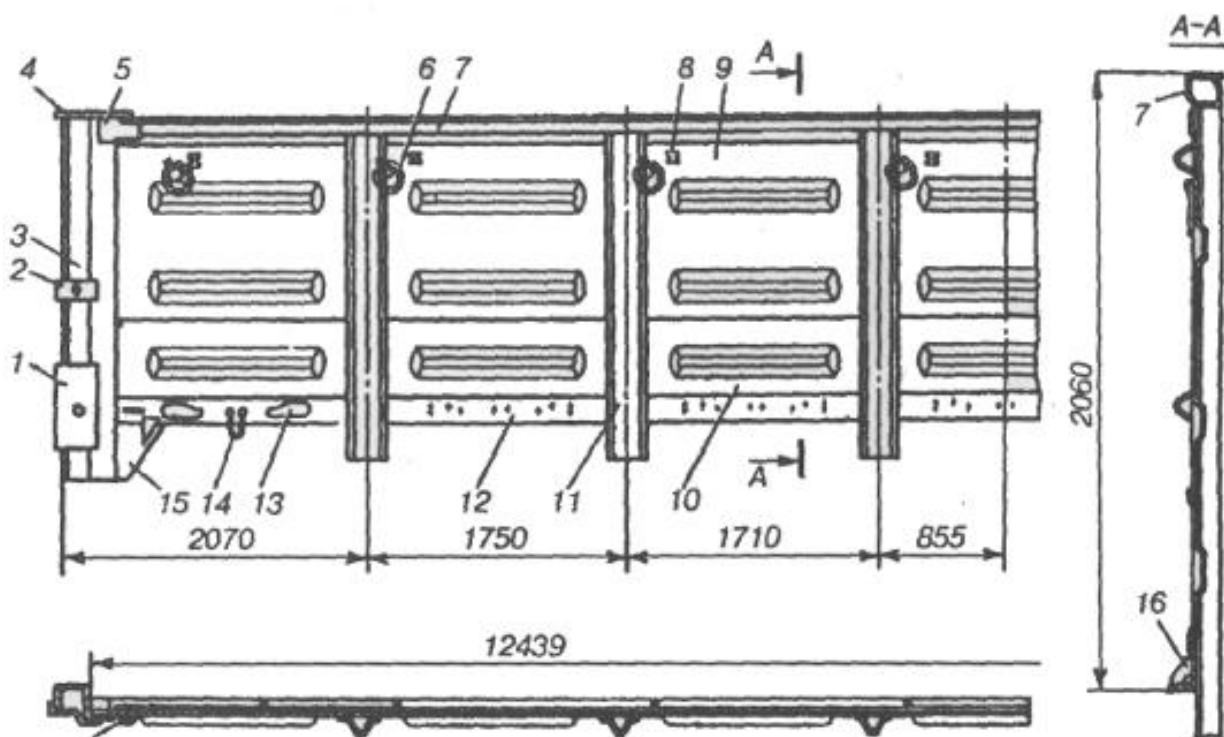


Рисунок 2 – Боковая стенка полувагона

Корпуса грузовых вагонов работают в условиях ударных и знакопеременных нагрузок. В результате нагрузок появляются трещины и изломы.

Признаком наличия трещины является скопление пыли, грязи, инея и ржавчины в месте её образования. При осмотре кузова вагона на наличие трещины необходимо уделять внимание связям между элементами кузова вагона и состоянием хребтовой балки.

Кроме трещин на корпусе вагонов могут присутствовать коррозионные повреждения, которые наиболее ярко проявляют себя в местах некачественной окраски после проведения ремонтных работ.

Если вагон имеет недопустимые дефекты, его эксплуатация прекращается до исправления этого дефекта. Недопустимыми дефектами корпуса вагона являются трещины и изломы, которые переходят с горизонтальной полки на вертикальную стенку балок (шкворневой, хребтовой, боковой, концевой). Также не допускаются трещины в узлах сочленения балок. Любая продольная трещина длиной более 300 мм также недопустима. Если трещина проходит хотя бы через одно конструктивное отверстие, то она также является недопустимой. На одной стенке допускается не более двух трещин длиной более 100 мм.

1.2 Сведения о материале для изготовления элементов кузова полувагона

Элементы кузова полувагона выполняются из стали 09Г2С – конструкционной низколегированной стали, которая получила широкое распространение при изготовлении конструкций в станкостроении, машиностроении, транспорте, нефтяной промышленности, строительстве. Эксплуатация изделий из стали 09Г2С возможна при температурах от $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+425\text{ }^{\circ}\text{C}$. Заменителями стали 09Г2С являются 10Г2С, 09Г2ДТ и 09Г2Т [6], [22], [23].

В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали 09Г2С. В таблице 2 представлен анализ влияния каждого элемента содержащегося в стали 09Г2С на свойства стали. Знаком «+» обозначено повышение элементом свойств, знаком «-» обозначено снижение элементом свойств, знаком «=» обозначено существенное снижение элементом свойств. Знаком «0» обозначается позиция, которая не зависит от содержания элемента в стали. Знаком «±» обозначено, если до определённого значения содержания элемента характеристика повышается, а дальнейшее увеличение содержания элемента вызывает снижение характеристики.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С [23]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	До 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008	~96-97

Таблица 2 – Влияние содержащихся химических элементов на свойства стали 09Г2С

Характеристика	С	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
Твёрдость	+	+	+	+	-	+	+	0
Красноломкость	+	+	0	0	+	0	0	0
Свариваемость	-	±	±	-	0	0	0	-
Предел текучести	+	+	+	+	-	+	+	+
Ударная вязкость	-	=	-	=	-	+	+	0
Хладостойкость	-	±	0	+	0	-	-	-
Временное сопротивление	+	+	+	+	-	+	+	+
Относительное удлинение	=	-	-	=	0	0	0	0
Ударная вязкость	-	=	-	=	-	+	+	0
Стойкость против коррозии	0	-	+	+	0	+	+	+

Сварка тонколистовых конструкций из стали 09Г2С выполняется без применения предварительного и сопутствующего подогрева, так как сталь сваривается без ограничений всеми способами сварки. Однако при построении технологии изготовления сварных конструкций из стали 09Г2С следует принимать во внимание некоторые особенности, которые приведены в работах [2], [20], [22].

Влияние различных элементов на свойства стали 09Г2С приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние различных элементов на свариваемость

Элемент (химический символ)	Характер воздействия элемента
Хром (Cr)	Повышает коррозионную стойкость и твердость. При нарушении технологии сварки образуются карбиды хрома, ухудшающие коррозионную стойкость и резко повышающие твердость в зоне термического влияния. Содействует образованию тугоплавких окислов, затрудняющих процесс сварки
Никель (Ni)	Повышает вязкость, хладостойкость, коррозионную стойкость, пластические и прочностные свойства стали, измельчает зерна, не ухудшая свариваемости
Углерод (C)	Одна из важнейших примесей, определяющих прочность, вязкость, закаливаемость и особенно свариваемость стали, не ухудшая ее. Свариваемость резко ухудшается по мере повышения содержания углерода, в зонах термического влияния образуются структуры закалки, приводящие к трещинам. Повышенное содержание углерода в присадочном материале вызывает при сварке пористость металла шва
Марганец (Mn)	Сварку не затрудняет, повышает сопротивляемость образованию технологических трещин (до 1,6%) Могут появиться трещины, способствует увеличению закаливаемости стали Обеспечивает высокую вязкость, износостойкость и повышенную наклепываемость. Происходит интенсивное выгорание марганца
Кремний (Si)	Сварку не затрудняет Свариваемость ухудшается из-за высокой жидкотекучести кремнистой стали и образования тугоплавких окислов кремния
Ниобий (Nb)	Повышает коррозионные свойства, при сварке коррозионно-стойких сталей типа 12Х18Н9 способствует образованию горячих трещин
Медь (Cu)	Повышает прочностные характеристики стали и улучшает коррозионные свойства. При больших содержаниях ухудшает свариваемость, способствует хладноломкости и образованию трещин по границам зерен
Сера (S)	Одна из наиболее вредных примесей в стали. Ухудшает свариваемость, вызывает образование горячих трещин
Фосфор (P)	Вредная примесь в стали. Ухудшает свариваемость, повышает хладноломкость стали. В отдельных случаях используется для повышения атмосферостойкости стали

Вследствие содержания в стали 09Г2С таких элементов, как углерод, марганец и кремний, при сварке могут возникать закалочные структуры (мартенсит, остаточный аустенит и бейнит) [2], [20]. Малое содержание этих

структур и их хаотичная ориентация в объёме металла приводят к тому, что они никак не проявляют себя в процессе эксплуатации сварной конструкции. Однако увеличение скорости охлаждения приводит к увеличенному образованию закалочных структур, которые могут группироваться и вызывают снижение пластичности металла, а также повышают его склонность к хрупкому разрушению при пониженных температурах. Количество закалочных структур при сварке стали 09Г2С может повышаться из-за совокупно содержащихся в ней углерода, марганца и кремния. Вследствие описанной трудности при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать параметры режима, характеризующиеся меньшей погонной энергией по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей.

Улучшение свойств металла сварного шва достигается за счёт легирования, которое выполняется через сварочную проволоку или электроды. При этом удаётся получить равнопрочность основного и наплавленного металла. Для этого в сварочных материалах должно содержаться уменьшенное по сравнению с низкоуглеродистыми сталями количество серы. В работе [2] показано, что на снижение прочностных свойств сварных соединений из стали 09Г2С значительное влияние оказывает правильность выбора геометрии сварного шва и последовательности выполнения сварных швов на изделии.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С существует опасность возникновения кристаллизационных трещин, которая существенно выше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей. Для борьбы с кристаллизационными трещинами необходимо применять сварочные материалы с низким содержанием серы и углерода, а также соблюдать назначенные параметры режима сварки и технику сварки. Благоприятная форма провара позволяет существенно снизить опасность получения кристаллизационных трещин.

1.3 Описание операций базового технологического процесса

Перед тем, как приступить к ремонтной заварке трещины, необходимо устранить прогиб несущих конструкций корпуса. При незначительной величине прогиба правку выполняют в холодном состоянии с применением правильных машин. В противном случае перед правкой выполняют местный нагрев с применением газового или керосинового пламени. Для правки могут быть применены как универсальные струбины и стяжки, так и специализированные вагонопровальные машины.

Определяют расположение в основном металле концов трещины. При этом допускается выполнять нагрев трещины газовой горелкой до температуры 100...150 °С. При помощи керна размечают расположение концов трещины и центр засверливания.

Сквозную трещину засверливают с обеих концов насквозь сверлом диаметром 6...12 мм. Отверстие располагают таким образом, чтобы его центр совпадал с концом трещины или был на 3...5 мм вынесен дальше трещины. Механическим способом при помощи зубила выполняют разделку трещины, как показано на рисунке 3. Угол разделки составляет 50...55 °.

После разделки трещины выполняют зачистку основного металла до металлического блеска с обеих сторон на ширину 25 мм.

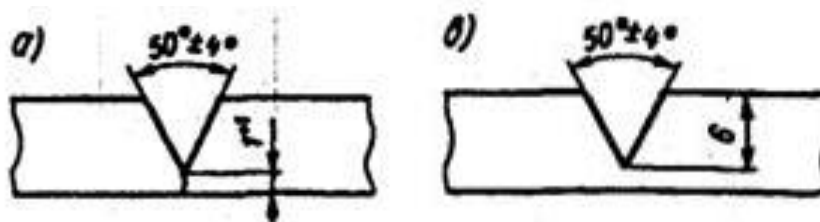


Рисунок 3 – Разделка несквозной (а) и сквозной (б) трещины

Перед выполнением ремонтной заварки следует прокалить электроды. Температура прокалки в зависимости от марки электрода приведена в таблице 4. После прокалки электроды помещают в нагретую до 150 °С печь, откуда вынимают по одному электроду.

Таблица 4 – Параметры прокалки электродов в зависимости от их марки

Марка	Температура прокалки	Длительность прокалки
УОНИ-13/45	250...300 °С	60...90 мин
СМ-11	280...320 °С	60...90 мин
УОНИ-13/55К	230...280 °С	60...90 мин
ВН-48	240...280 °С	60...90 мин
УОНИ-13/55	350...400 °С	60...120 мин
ОЗС-33	350...380 °С	60...90 мин

При заварке трещины сварку выполняют в два прохода. Перед выполнением второго слоя следует выполнить очистку предыдущего слоя сварного шва от шлаковых корок. При длине трещины больше 300 мм ремонтную сварку следует выполнять обратноступенчатым швом при длине завариваемого участка не более 150 мм. После заполнения разделки удаляют наплывы и шлак и выполняют подварку корня шва с обратной стороны.

Параметры режима ручной дуговой сварки при выполнении заварки трещины приведены в таблице 5. При сварке в качестве источника питания применяется выпрямитель ВД-252, который представлен на рисунке 4.

Таблица 5 – Значения параметров режима ремонтной сварки

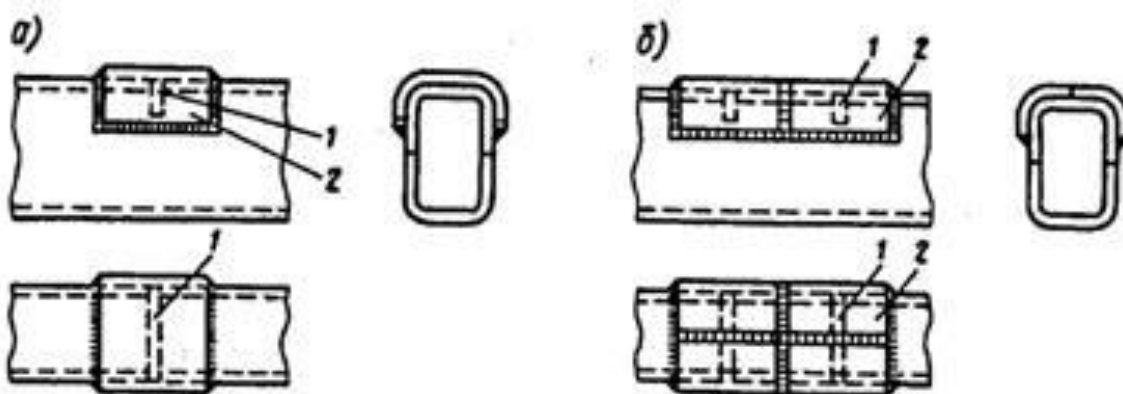
Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Положение		
			нижнее	вертикальное	потолочное
УОНИИ 13/45	3	70-100	+	+	+
	4	130-150	+	+	+
	5	160-200	+	+	-
СМ-11	3	80-130	+	+	+
	4	140-220	+	+	+
	5	160-250	+	+	-
УОНИ-13/55К	3	60-110	+	+	+
	4	120-160	+	+	+
	5	160-210	+	+	-
ВН-48	3	80-130	+	+	+
	4	120-180	+	+	+
	5	180-240	+	-	-
УОНИ-13/55	3	70-100	+	+	+
	4	130-160	+	+	+
	5	160-210	+	+	-
ОЗС-33	3	90-140	+	+	+
	4	130-210	+	+	+
	5	160-270	+	+	-

При заварке трещины участок с исправленным дефектом следует усилить установкой дополнительной накладки. При этом толщина накладки составляет 0,8...1,0 толщины стенки. Перед установкой накладки следует полностью удалить усиление сварного шва. При установке накладки должно обеспечиваться перекрытие трещины на 100 мм. Если это сделать затруднительно, величина перекрытия может быть уменьшена до 50 мм.

Расположение усиливающих накладок представлено на рисунке 5. При этом возможно простое усиление с одним конструктивным элементом, как показано на рисунке 5-а. Сложное усиление с несколькими конструктивными элементами показано на рисунке 5-б. Для усиления стоек применяются профильные накладки, как показано на рисунке 6.



Рисунок 4 – Выпрямитель сварочный ВД-252



1 — заваренная трещина; 2—накладка

Рисунок 5 – Установка усиливающей накладки: простое усиление (а) и сложное усиление (б)

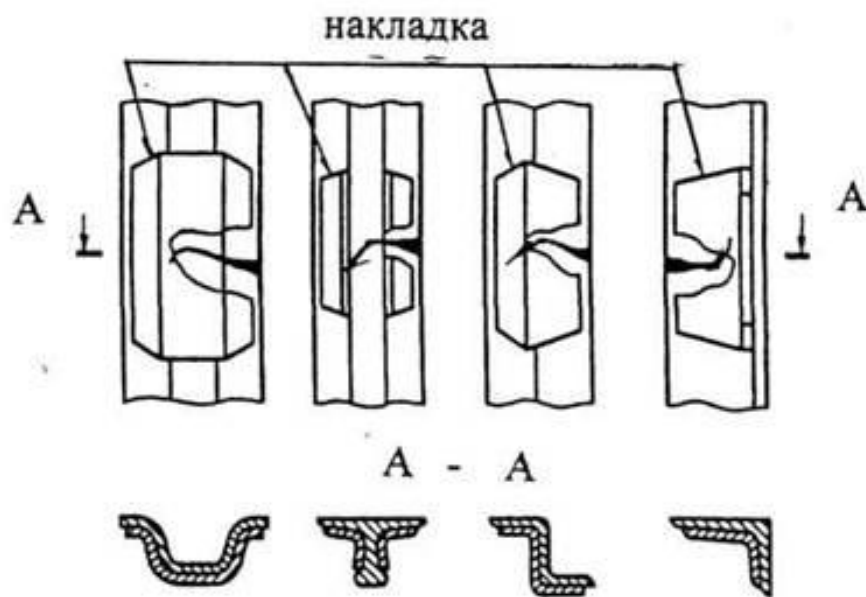


Рисунок 6 – Установка усиливающей накладки на стойку кузова вагона

Приваривание накладки выполняют по всему её периметру. Сварные швы должны быть выполнены с вогнутой поверхностью и иметь плавный переход к основному металлу. При этом рекомендуется добиваться получения отношения катетов в диапазоне $1:1,5 \dots 1:2$. Направление большого катета должно быть вдоль линии нагрузки при работе сварного соединения.

Для изготовления усиливающих накладок применяется листовая сталь 09Г2С. Перед выполнением установки и приварки накладки необходимо провести очистку её поверхности до металлического блеска на расстоянии 20 мм от краёв. Также необходимо очистить основной металл в месте установки накладки на ширину 25 мм от краёв накладки. При установке накладки на допускается зазор не более 1 мм. Параметры режима сварки приведены в таблице 5.

Предъявляемые к контролю после ремонта сварные соединения и конструкции не должны быть окрашены.

Контролю в технологическом процессе сварочного производства должны подвергаться основной металл и сварочные материалы, качество сборки и подготовки кромок.

Основной металл, сварочные электроды и заготовки должны проверяться на соответствие стандартам на эти материалы. Также должно контролироваться состояние подлежащих сварке и наплавке поверхностей (отсутствие на них продуктов коррозии, грязи, масла, краски и т. д.).

Контролю подлежат наличие сертификатов на сварочные материалы и соответствие качества материалов требованиям этих сертификатов.

При контроле качества подготовки к сборке и сварке должны проверять соединяемые конструктивные элементы и состояние подготовленных кромок, а также точность расположения свариваемых элементов.

Контроль качества сварных соединений осуществляется внешним осмотром, измерительными инструментами, ультразвуковым, а также механическими испытаниями.

Осмотру с целью выявления внешних дефектов должны подвергаться все сварные швы независимо от применения других методов контроля. Осмотр сварных швов должен производиться по всей их протяженности с двух сторон, за исключением мест, недоступных для осмотра. Невооруженным глазом или с применением лупы с не менее чем четырехкратным увеличением проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок.

Перед контролем сварной шов и прилегающие к нему поверхности должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр, на ширину не менее 20 мм по обе стороны шва.

Дефекты, выявленные внешним осмотром, должны быть устранены перед проведением контроля другими методами.

Причинами возникновения дефектов в сварных соединениях могут быть:

- некачественная подготовка и сборка сварных соединений;
- неправильная технология ведения сварочных работ;
- несоответствие и низкое качество сварочных материалов.

На рисунке 7 представлены внешние дефекты, а на рисунке 8 – внутренние дефекты, наличие которых не допускается.

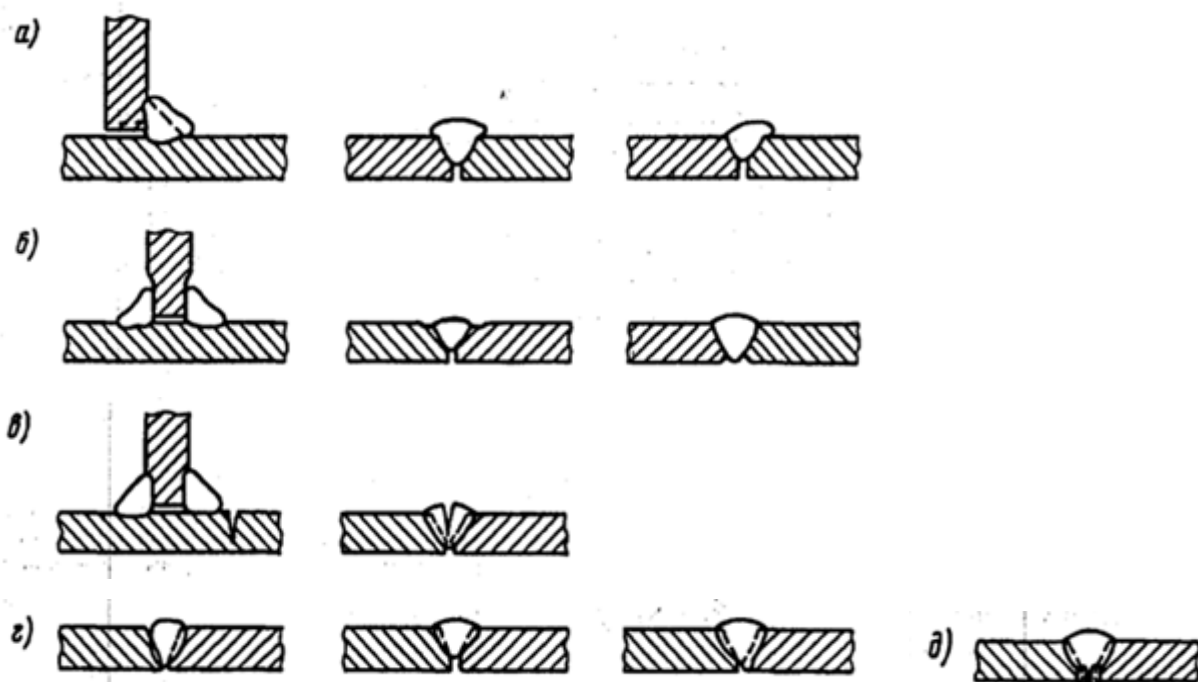


Рисунок 8 – Наружные дефекты соединений: а - наплывы; б - подрезы; в - трещина в сварном шве и на основном металле; г - провары; д – прожог

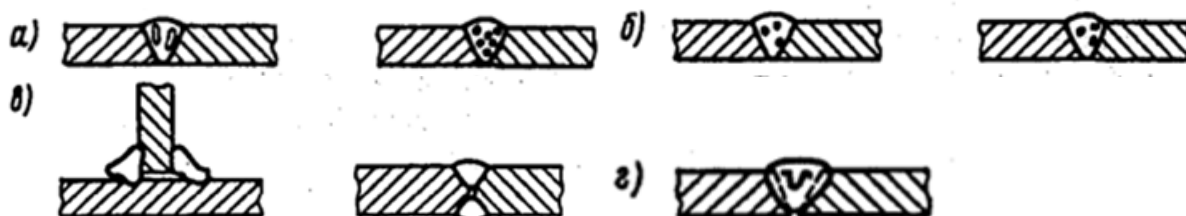


Рисунок 9 - Внутренние дефекты сварного шва: а - поры (газовые включения); б - шлаковые и металлические включения; в - непровары; г – свищ

При всех видах ремонта не допускаются:

- дефекты в виде трещин;
- отклонения в размерах швов в сторону увеличения более чем на 2 мм;
- отклонения в размерах швов в сторону уменьшения за исключением случаев, особо оговоренных нормативно-технической документацией (НТД);

- волнистость шва более 2 мм или наличие резких переходов от одного сечения шва к другому;
- дефекты в виде несплавлений по кромкам, наплывы, прожоги и кратеры;
- подрезы в сварных соединениях тележек, несущих элементов рам вагонов, в деталях автосцепного устройства и в местах приварки вертикальных стоек к рамам вагонов;
- подрезы на других узлах более 10 % толщины металла или свыше 0,5 мм;
- непровары в стыковых, поперечных и косых швах;
- поверхностные поры и шлаковые включения, сгруппированные на длине более 10 мм, с расстоянием между дефектными участками менее 500 мм;
- значительные шлаковые включения и поры, суммарная площадь которых превышает 15% наплавленной и механически обработанной поверхности изношенных мест деталей;
- наличие ожогов от замыкания электродов на ответственных деталях толщиной более 5 мм.

После обнаружения недопустимого дефекта его следует устранить. Для этого проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

При обнаружении внутреннего дефекта следует удалить дефектное место механическим способом и переварить

Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе преследуется цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки при восстановлении целостности стенки грузовых железнодорожных полувагонов

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки и приварку усиливающей накладки. Как показывает практика и результаты литературного обзора, привариваемая усиливающая накладка становится источником образования новых повреждений в ремонтируемой конструкции и не оправдывается с точки зрения сопротивляемости конструкции усталостным разрушениям.

Исходя из этого могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых обеспечит достижение поставленной цели:

- обоснование выбора способа ремонтной сварки. При этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений;
- повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции с упором на отечественные разработки, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от иностранных технологий и оборудования [9], [14];
- построение проектной технологии ремонтной сварки, следует дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Разработка проектной технологии ремонтной корпуса полувагона

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Обоснование выбора способа сварки необходимо для построения проектной технологии, применение которой должно давать положительный экономический эффект. При этом следует принимать во внимание свариваемость материала конструкции, техническую и финансовую возможность предприятия по применению дорогостоящего и уникального оборудования, квалификацию персонала и возможность его переобучения, производительность сварки и другие критерии [4], [15].

В стали 09Г2С содержится незначительное количество элементов, которые имеют высокое сродство кислороду, поэтому сталь может считаться с малой химической активностью. Для сварки такой стали могут быть применены практически все дуговые способы. Поскольку выпускная квалификационная работа посвящена ремонтной сварке, то пространственное положение может быть различным. Применение автоматической сварки под флюсом будет затруднено из-за сложностей, связанных с осыпанием флюса с поверхности изделий.

На основании вышеизложенного для ремонтной сварки могут быть применены такие способы:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Самым универсальным способом следует признать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 10. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки

объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса.

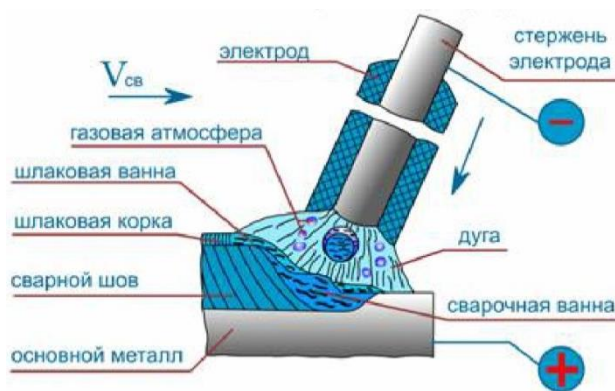


Рисунок 10 – Схема дуговой сварки штучными электродами

В настоящее время в мире наблюдается устойчивый рост применения механизированных способов сварки, которые вытесняют ручную дуговую сварку [5], [12], [13]. При сварке в углекислом газе, схема выполнения которой представлена на рисунке 11, расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении сварки. При применении механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой.

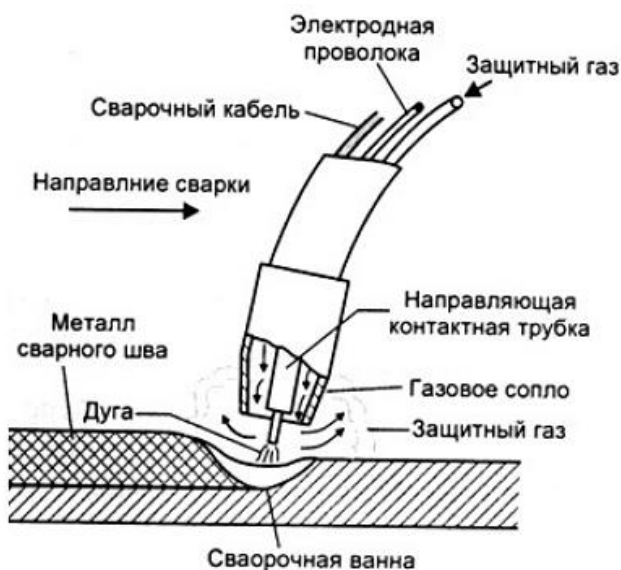


Рисунок 11 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

Сварка порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 7, может быть выполнена с использованием того же оборудования, что и сварка проволокой сплошного сечения. При этом удаётся реализовать преимущества сварки порошковыми проволоками. При сварке порошковыми проволоками удаётся получить сочетание положительных качеств ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах [21], [24].

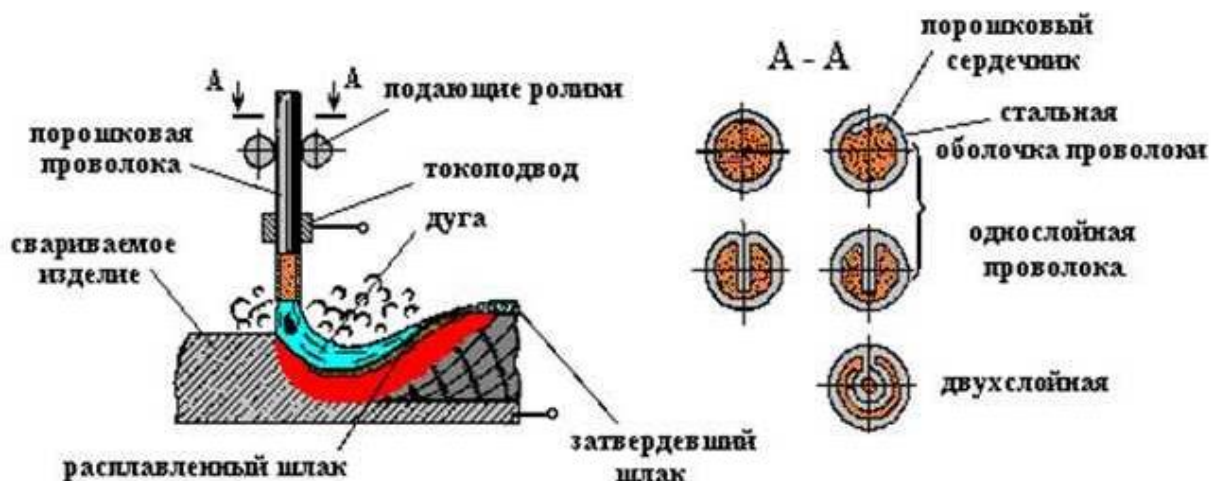


Рисунок 12 – Схема сварки самозащитной порошковой проволокой

Перед выбором способа сварки следует рассмотреть недостатки каждого способа.

Недостатками ручной дугой сварки являются:

- малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов;
- вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги;
- увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки;

- малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать:

- интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки;
- повышенная вязкость расплавленного металла может стать причиной образования горячих трещин;
- низкая текучесть расплавленного металла может стать причиной образования дефектов при выполнении корневого слоя шва.

Недостатками сварки самозащитной проволокой является:

- неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений;
- при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва;
- порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На основании результатов экспертной оценки следует сделать вывод, что перспективными для проектной технологии способами сварки являются механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Для повышения эффективности выбранного способа сварки следует рассмотреть мероприятия, позволяющие устранить недостатки – повышенное разбрызгивание и сложность получения высокого качества при выполнении корневого слоя шва.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Качество соединений и эксплуатационные свойства изделия после сварки в значительной степени определяется особенностями протекания процесса горения сварочной дуги и переноса электродного металла [19]. Начиная с 60-х годов прошлого столетия ведутся интенсивные разработки импульсного управления сварочной дугой, которые позволяют управлять переносом электродного металла. При этом возможно проведение разработок по нескольким направлениям. Первым направлением следует указать поиск оптимальных газовых смесей, которые позволят повысить пространственную стабильность сварочной дуги, уменьшить разбрызгивание и улучшить внешний вид сварных швов. Вторым направлением следует указать построение систем импульсного управления сваркой за счёт импульсной подачи сварочной проволоки или импульсного изменения электрических параметров сварки (ток и напряжение) [7], [17], [18].

На рисунке 13 представлена диаграмма, на которой выделены основные воздействия, позволяющие управлять переносом электродного металла при сварке. В качестве таких воздействий следует указать: во-первых, производственные возмущения, которые являются дестабилизирующими факторами. Во-вторых, состав защитного газа и электродной проволоки, правильный выбор которых позволяет существенно повысить технологические свойства сварочной дуги. В-третьих, особенности конструкции механизма подачи сварочной проволоки и источника питания, совершенствование которых позволяет повысить эффективность сварочных процессов.

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
- существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
- протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

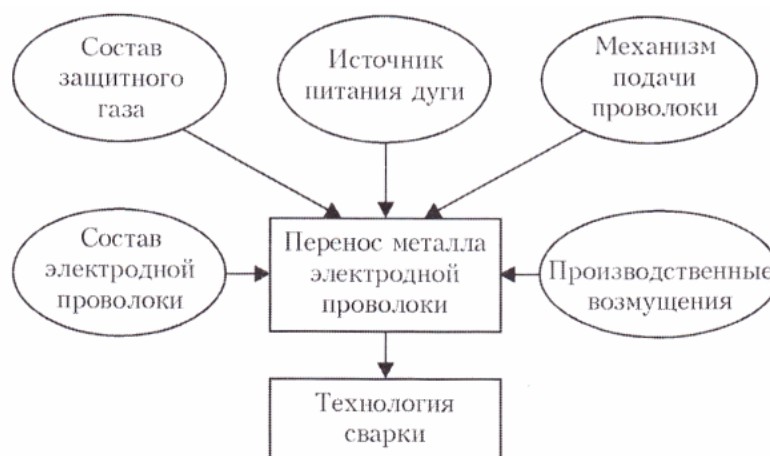
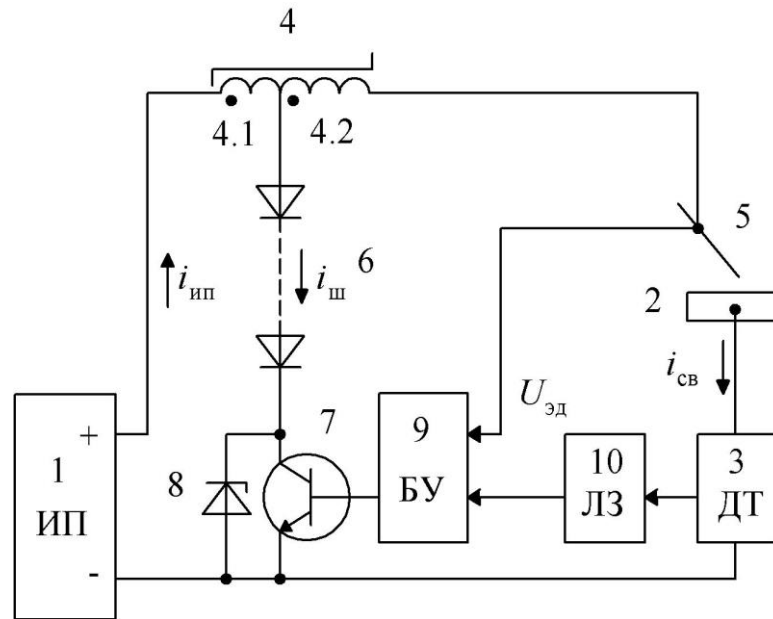


Рисунок 13 – Основные воздействия, влияющие на характер переноса электродного металла и стабильность горения сварочной дуги

На рисунке 14 представлена функциональная схема способа сварки, который разработан отечественными исследователями-сварщиками [16]. В качестве источника питания, который обозначен на схеме позицией 1, предлагается использовать стандартный выпрямитель ВДГ-303, который имеет жёсткую внешнюю вольтамперную характеристику. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, т.е. отрицательный полюс источника питания подсоединён к изделию, которое обозначено на схеме позицией 2. В качестве датчика тока, который обозначен на схеме позицией 3, предлагается

использовать бесконтактный датчик Холла CSLA1DJ (производства Honeywell). На рисунке 15 представлена осциллограмма тока и напряжения при сварке с импульсным управлением.



«1 - источник питания (ИП); 2 - свариваемое изделие; 3 - датчик тока (ДТ); 4 - дроссель; 5 - сварочный электрод (проволока); 6 - блок диодов; 7 - транзистор; 8 - стабилитрон; 9 - блок управления (БУ); 10 - линия задержки (ЛЗ)» [18]

Рисунок 14 – Функциональная схема предлагаемого способа сварки

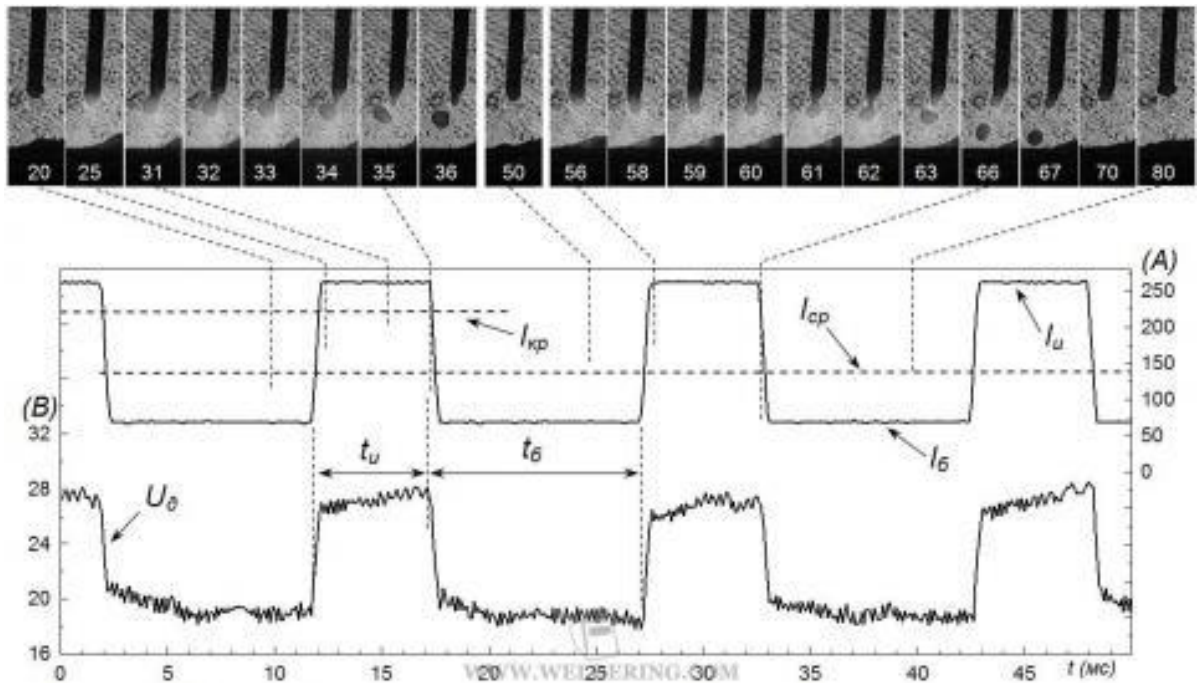


Рисунок 15 – Осциллограмма тока и напряжения при сварке с импульсным управлением

Блок управления, который обозначен на схеме позицией 9, выполнен на базе полупроводниковых компараторов напряжения K554СА3 (LM311) и усилителя мощности IR2110. Блок управления 9 соединён с базой транзистора 7, параллельно которому подключен стабилитрон 8. Линия задержки, которая обозначена на схеме позицией 10, собрана на базе одновибратора CD4047. Дроссель, который обозначен на схеме позицией 4, имеет насыщающийся магнитопровод и секционированную обмотку, секции которой на схеме обозначены позициями 4.1 и 4.2. Подача тока на сварочный электрод, который обозначен на схеме позицией 5, происходит через блок управления 9 и обмотки дросселя 4. В схему включены последовательно установленные диоды, которые обозначены позицией 6.

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки

Перед разделкой необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании трещины необходимо обеспечить совпадение её концов с центрами отверстий или центра отверстий должны располагаться на 3...5 мм дальше концов трещины.

Разделку краёв трещины выполняем с применением плазменной строжки, используя резак РПВ-101, питание которого выполняется от источника ВД-252. Возбуждение сжатой дуги выполняется при помощи осциллятора. После разделки следует провести зачистку основного металла до металлического блеска на ширину не менее 20 мм от разделки в обе стороны.

Параметры режима плазменной строжки: сила тока 150...170 А, давление газа 0,4 МПа, напряжение 115...120 В, скорость строжки 0,8...1,2 м/мин.

Параметры разделки представлены на рисунке 16.

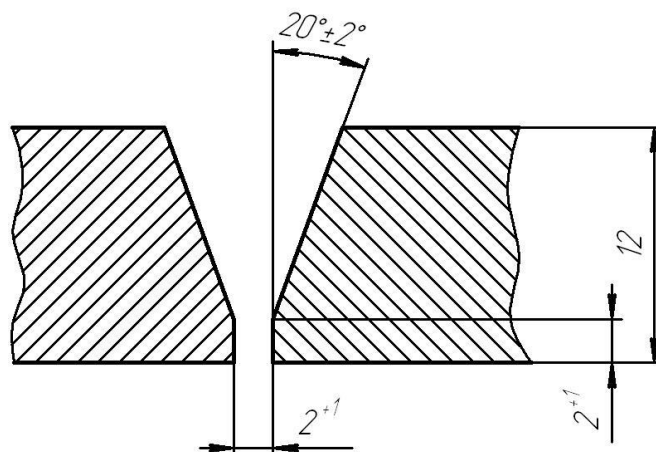


Рисунок 16 – Параметры разделки трещины

В качестве сварочной проволоки применим проволоку Св-08Г2С. В качестве защитного газа применим углекислый газ.

Сварку выполнять как можно более короткой дугой в два прохода. Высота слоя или валика должна составлять 3...4 мм. Сила сварочного тока составляет 200...250 А, скорость подачи проволоки устанавливается 100...150 мм/с. Сварку вести «углом назад». Диаметр проволоки 1,4 мм, вылет проволоки 13...20 мм. Расход защитного газа оставляет 900...1200 л/час.

При заварке сквозной выборки проводят сварку корневого слоя шва обратно-ступенчатым способом по всей длине выборки. Заполняющие и облицовочный слои шва выполняют по всей длине выборки за один проход. Сварку следует вести без перерывов одним сварщиком. Выполняют пооперационный контроль качества каждого слоя.

После сварки первого слоя необходимо проконтролировать наплавленный металл наличие дефектов, после этого заварить отверстия и приступить к выполнению второго слоя сварного шва.

Для сварки используется полуавтомат ПДГ-525 и источник питания ВДУ-506, представленные на рисунке 17.

Контроль качества выполняется также, как в базовом варианте технологии. Геометрия сварного шва представлена на рисунке 18.



Рисунок 17 – Сварочное оборудование (выпрямитель + полуавтомат)

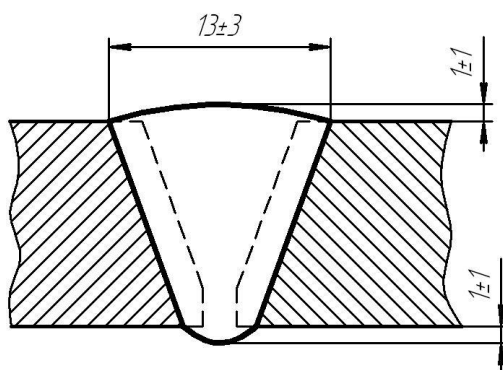


Рисунок 18 – Геометрия сварного шва

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [8] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [1], [3].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [10], [11].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций. В качестве конкретной конструкции в работе рассматривается грузовой железнодорожный вагон. На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Поскольку в проектную технологию были внесены изменения по сравнению с базовым процессом, возможно появление новых негативных производственных факторов, действие которых на персонал могут повлечь за собой вред физическому состоянию или порчу здоровья. Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены.

Особенности выполнения операций проектного технологического процесса представлены в таблице 6.

Сам процесс укрупнённо может быть разбит на четыре этапа. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Таблица 6 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. Подготовка трещины	слесарь-сборщик	1. Машинка угловая шлифовальная 2. Дрель электрическая 3. Щётка металлическая	Вода техническая, круг абразивный
2. Разделка комок	слесарь-сборщик	1. Аппарат плазменной строжки 2. Щётка металлическая	Воздух сжатый
3. Сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1. Выпрямитель сварочный 2. Полуавтомат 3. Формирователь импульсов	Сварочная проволока,
4. Контроль качества	дефектоскопист	1. Набор визуально-измерительного контроля, 2. Дефектоскоп	-

Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены. При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

Представленные в таблице 6 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и

вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 7 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. Источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке ремонтной сварки.

Таблица 7 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовка трещины	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
2. Разделка комок	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
3. Сварка	- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
4. Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

В таблице 8 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 8 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Для индивидуальной защиты жизни и здоровья рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты используются: специальная одежда, перчатки, защитные очки, маски, резиновые коврики и средства защиты органов дыхания.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения, в результате чего функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 9.

Анализ данных в таблице 9 позволяет установить, что возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е». Этот класс пожара предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	Аппарат плазменной резки, сварочное оборудование, станки для механической обработки
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 10 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 10 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
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, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Помимо негативных производственных факторов, которые оказывают или могут оказать отрицательное действие на работающий персонал, рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологический процесс становится источником экологических рисков. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы от негативного воздействия, которое возникает при выполнении операций проектного технологического процесса.

На основании анализа операций технологического процесса могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 10 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций.

В качестве конкретной конструкции в работе рассматривается грузовой железнодорожный вагон.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки. Сам процесс укрупнённо может быть разбит на четыре этапа. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности. В таблице 11 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 11 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономическо го показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	300	300
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	100 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	40	40
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $V=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84$ часа и $t_{шт.проектн.} = 2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,42$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_r = F_o / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/4,84 = 424$ ремонтных сварок для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/2,42 = 848$ ремонтных сварок для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 300$ ремонтных сварок в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 4,84 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 2,42 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_z = 0,7/1 = 0,7$ для базового варианта технологического процесса и $K_z = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования K_z для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,8 \cdot 1,05 : 1000 = 412$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы: $78 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 255$ рублей.

Базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, в качестве материалов которой выступают штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение более прогрессивной процесса – механизированной сварки в защитных газах. В качестве сварочных материалов в этом случае выступает сварочная проволока и защитный газ.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 4,84 \cdot 300 \cdot 1,88 = 2730$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} 2,42 \cdot 300 \cdot 1,88 = 1365$ рублей для

проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента доплат $K_{\text{доп}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 2730 \cdot 12 / 100 = 328$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 1365 \cdot 12 / 100 = 164$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 2730 + 328 = 3058$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 1365 + 164 = 1529$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 3058 \cdot 34 / 100 = 1040$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 1529 \cdot 34 / 100 = 520$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{об}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{маш}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_э$ и цена оборудования $Ц_{об}$.

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 4,84 / 2054 / 100 = 50$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 2,42 / 2054 / 100 = 100$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $Ц_{ээ}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 10 \cdot 4,84 \cdot 3,4 / 0,7 = 325$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 40 \cdot 2,42 \cdot 3,4 / 0,85 = 535$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $З_{об} = 50 + 325 = 375$ рублей по базовому технологическому процессу и $З_{об} = 100 + 535 = 635$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $ФЗП$, затрат на производственные площади $З_{пл}$ и затрат на оборудование $З_{об}$:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 412+3058+1040+162,93+375+1083 = 5968$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 255+1529+520+254,69+635+542=3481$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=5968 + 1,5 \cdot 2730 = 5968+ 4095 = 10063$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}= 3481 + 1,5 \cdot 1365 = 3481 + 2048 = 5529$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 10063+ 1,15 \cdot 2730 = 10063 + 3140 = 13203$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}}= 5529 + 1,15 \cdot 1365 = 5529+ 1570 = 7099$ рублей.

В таблице 12 представлена калькуляция заводской стоимости.

Данные, представленные в таблице 12, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

Таблица 12 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	412	255
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3058	1529
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1040	520
4. Затраты на оборудование	Зоб	375	635
5. Затраты на площади	Зпл	1083	542
6. Технологическая себестоимость	Стех	5968	3481
7. Цеховые расходы	Рцех	4095	2048
8. Цеховая себестоимость	Сцех	10063	5529
9. Заводские расходы	Рзав	3140	1570
10. Заводская себестоимость» [12]	Сзав	13203	7099

Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\text{Ц}_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\text{Ц}_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\text{Ц}_{\text{об. б.}} = \text{Ц}_{\text{перв.}} - (\text{Ц}_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\text{Ц}_{\text{об. б.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{з. б.}} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,7 = 25900$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $\text{Ц}_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об. пр.}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 168000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 100000 \cdot 0,05 = 5000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 5000 + 20000 = 25000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 168000 + 25000 = 193000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 193000 - 25900 = 167100$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r. \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 25900/300 = 86$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 193000/300 = 643$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}}. \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (4,84 - 2,42) \cdot 100 \% / 4,84 = 50 \%$.

Повышение производительности P_T рассчитывается как

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 50 / (100 - 50) = 100 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (5968 - 3481) \cdot 100\% / 5968 = 42 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{ож}$ рассчитывается как

$$P_{ож} = \Delta_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot P_T. \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (13203 - 7099) \cdot 300 = 5729700$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 167100 / 572970 = 0,3$ года.

Величина годового экономического эффекта $\Delta_{г}$ рассчитывается как

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta_{г} = 5729700 - 0,33 \cdot 167100 = 5674557$ рублей.

Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций.

В качестве конкретной конструкции в работе рассматривается грузовой железнодорожный вагон.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки и приварку усиливающей накладки. Как показывает практика и результаты литературного обзора, привариваемая усиливающая накладка становится источником образования новых повреждений в ремонтируемой конструкции и не оправдывается с точки зрения сопротивляемости конструкции усталостным разрушениям.

На основании анализа известных решений для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Составлен проектный технологический процесс ремонтной сварки. Сам процесс укрупненно может быть разбит на четыре этапа. Первая операция – подготовка трещины, которая выполняется с применением сверлильной машины и шлифовальной машины. Вторая операция – разделка кромок, которая выполняется с применением аппарата плазменной строжки. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Производительность труда повышается на 100 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 42 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 5,6 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

Предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия позволяют судить о высокой эффективности замены ручных способов сварки и наплавки на механизированные способы. Поэтому предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия могут быть перенесены на аналогичные случаи сварки в других производствах.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту металлических транспортных конструкций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
2. Ващенко И. П. Структура и свойства малоуглеродистых и низколегированных сталей // Вестник МГТУ. 2007. № 4. С. 558–560.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
4. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
5. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
6. Горбачёв С. В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 09Г2С в режиме сверхпластической деформации : диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005.
7. Карасев М. В., Вышемирский Е. М., Беспалов В. И. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 38–41.
8. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
9. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
12. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.
13. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
14. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.
15. Павлова И. А., Павлов А. С. Техничко-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.
16. Патент № 2359796 РФ, МПК В23К9/173. Способ дуговой сварки управляемым переносом электродного металла и устройство для его осуществления / Киселев А. С., Гордынец А. С., Дедюх Р. И. № 2008113460/02, заяв. 07.04.2008; опубл. 07.04.2008, Бюл. № 18. 18 с.
17. Патон Б. Е. Потапьевский А. Г., Подола И. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса // Автоматическая сварка. 1964. № 1. С. 1–6.
18. Патон Б. Е., Лебедев А. В. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 1988. № 11. С. 1–5.
19. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
20. Протопопов Е. А., Вальтер А. И., Протопопов А. А. О возможности повышения ударной вязкости наплавленного низколегированными

сварочными проволоками металла // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. № 10. С. 37–48.

21. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

22. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

23. Сорокин В. Г.Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

24. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.