

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 ремонта стенки грузового вагона

Обучающийся

С.В. Нажосткин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель П.Н. Селянин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2025

Аннотация

Поддержание в рабочем состоянии грузовых вагонов следует указать как одну из основных статей эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта. Согласно базовому варианту технологии выполнение сварных соединений осуществляется с применением оборудования для ручной дуговой сварки. В работе сформулирован комплекс решений по повышению эффективности ремонтной технологии при восстановлении рабочего состояния стенки грузового вагона. Обоснована актуальность выбранного направления исследования и сформулирована цель выпускной работы. При выполнении аналитического раздела рассмотрена конструкция стенки вагона и возникающих в ней дефектов. Также были рассмотрены особенности сварки стали, из которой выполнена стенка вагона, и операции базового технологического процесса. Далее сформулированы недостатки базовой технологии, а на основании литературного обзора сформулированы задачи для выполнения выпускной работы. Экспертная оценка рассматриваемых способов обусловила выбор полуавтоматической сварки в защитных газах для проектной технологии ремонта стенки вагона. Литературные исследования в области повышения эффективности сварочных процессов позволили получить увеличение производительности и качества работ, для чего предложено применить разработки российских ученых в области импульсного управления дугой. При выполнении оценочных разделов негативные производственные факторы были идентифицированы, далее был предложен перечень мер по их устранению. Проведен сравнительный анализ показателей базового и проектного производства, который позволил сформулировать вывод об экономической целесообразности внедрения предлагаемых технологических решений. В заключении сформулированы выводы, показано достижение поставленной цели и сформулированы направления дальнейших исследований.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных и известных решений по направлению выпускной квалификационной работы	7
1.1 Сведения о конструкции вагона и устраняемых дефектах.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления стенки вагона.	9
1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки стенки вагона.	11
1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике.	16
1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы.	19
2 Построение проектной технологии ремонтной сварки.	20
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	20
2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах.	24
2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки.	28
3 Промышленная безопасность производственного участка.	31
3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи	31
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	32
3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов.	34
3.4 Пожарная безопасность производственного участка	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка.	38
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений.	40
4.1 Исходные данные для экономического расчёта.	40
4.2 Фонд времени работы оборудования.	42

4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства. .	43
4.4 Заводская себестоимость.	45
4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам.	50
4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей.	52
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.	56

Введение

Своевременное обновление и пополнение парка грузовых вагонов является главным условием развития железнодорожного транспорта Российской Федерации [20], [21]. В настоящее время работа транспорта на железных дорогах Российской Федерации происходит в условиях повышения нагрузки и интенсивности эксплуатации, что сопряжено с необходимостью снижения стоимости грузоперевозок и увеличения их количества вследствие переброски значительных грузов по причине проведения мероприятий внешнеполитического характера [4], [25].

Для того, чтобы продлить срок службы грузовых вагонов, необходимо оперативно диагностировать их текущее состояние и проводить своевременный ремонт, в котором значительная роль отводится сварочным процессам. Как показывает практика использования грузовых вагонов, практически все из них при проверке имеют те или иные дефекты конструкции, которые отрицательно влияют на срок их службы. Значительное количество вагонов имеют развитую коррозию стенки, которая развилась под краской. Также в сварных швах вагонов в ходе их эксплуатации развиваются дефекты в виде трещин. Также трещины присутствуют обычно на шкворневой балке в нижнем листе. Под действием коррозии происходит разрушение приварных крепежных элементов, что ослабляет конструкцию вагона и может стать причиной его разрушения при повышенных нагрузках.

Как показывает анализ, порядка 70 % вагонов имеют утонение усиливающих накладок до 30 % от номинальной толщины. В процессе перевозки сыпучих материалов и среднегабаритных грузов в навал (бутовый камень, металлолом и пр.) происходит нарушение целостности стенки вагона – в неё образуются прорывы и трещины. Устранение таких повреждений происходит посредством рихтовки и приварки усиливающей накладки, что, как показала практика, приводит к необходимости проведения капитального ремонта стенки вагона, так как такая накладка играет роль концентратора

напряжений и становится причиной дальнейшего разрушения стенки вагона. Также следует принимать во внимание значительный перегрев станки вагона при приварке усиливающих накладок с применением ручной дуговой сварки.

«В настоящее время ручная дуговая сварка уступает свои позиции в пользу механизированных и автоматических способов сварки, что отражается на показателях мирового рынка сварочного оборудования и сварочных материалов и отмечается рядом аналитиков» [3], [12], [13].

Таким образом, становится очевидной проблема проведения оперативного ремонта стенок вагонов, решение которой предусматривает поиск более перспективного способа сварки, сварочных материалов и оптимизация технологии ремонтной сварки применительно к ремонту стенок грузовых вагонов.

Актуальность выбранного направления исследования объясняется тем, что железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей энергоресурсов, потребляющего порядка 11 % всего производимого в стране дизельного топлива и 5 % электрической энергии. Для повышения энергетической эффективности необходимо совершенствовать технологические процессы эксплуатации и ремонта, снижать все виды издержек [7], [23].

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности ремонтной сварки при восстановлении целостности стенки грузовых вагонов.

Достижение поставленной цели должно быть основано на результатах исследования источников научно-технической информации, отражающих достижения российских ученых в области управления сварочными процессами, «что позволят обеспечить промышленную независимость экономики Российской Федерации от зарубежных поставок высокотехнологичного оборудования и материалов» [2], [8], [11].

1 Анализ исходных данных и известных решений по направлению выпускной квалификационной работы

1.1 Сведения о конструкции вагона и устраняемых дефектах

Для перевозки различных грузов по железным дорогам применяются грузовые вагоны, в настоящее время наиболее широкое применение получили полувагоны цельнометаллической конструкции модели 12, пример такого вагона представлен на рисунке 1. Конструкция такого вагона позволяет выполнять перевозку сыпучих, навалочных и профильных грузов, для которых не требуется обеспечивать температурную защиту и защиты от осадков. При изготовлении таких вагонов применяются типовые профили и стальные листы. На кузове вагона приварены различные скобы и кольца, позволяющие вести такелажные работы и крепить различные грузы.

В ходе длительной эксплуатации грузовые вагоны подвергаются механическим воздействиям различной природы, как динамическим, так и статическим, в результате которых происходит нарушение целостности стенки вагона, которая в зависимости от места установки листа имеет толщину 5 мм или толщину 4 мм. Увеличение толщины стенки вагона более этих значений нецелесообразно, так как сопровождается повышением массы вагона без получения значительного запаса его прочности. Таким образом, при обслуживании грузовых вагонов весьма распространенной операцией является ремонтная сварка его стенки, пример выполнения которой представлен на рисунке 2.



Рисунок 1 – Грузовой вагон цельнометаллической конструкции модели 12

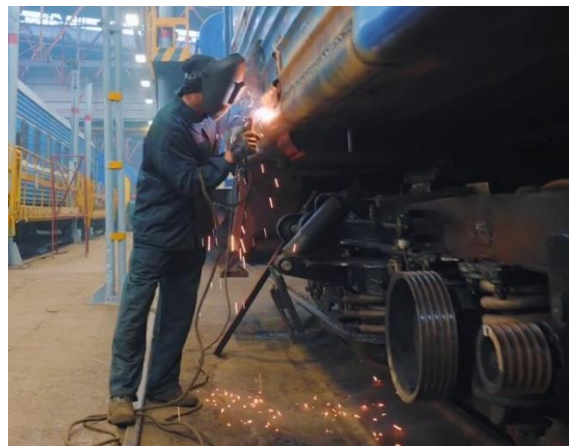
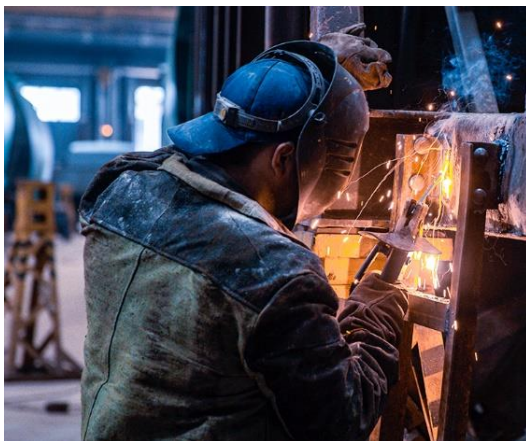


Рисунок 2 – Выполнение операции ремонтной сварки стенки вагона

В процессе эксплуатации стенка вагона подвергается ударным и знакопеременным нагрузкам, в результате действия которых в ней возникают трещины, надрывы и пробоины, которые следует своевременно обнаруживать в ходе проведения профилактических осмотров. В значительном количестве случаев трещина может быть скрыта под слоем краски, грязи или ржавчины, о её наличии можно судить по характерному нарушению цвета и состояния поверхности защитного покрытия, скоплению ржавчины и грязи, иная. При осмотре состояния металлических конструкций вагона особое внимание следует обратить на состояние хребтовой балки и мест её связи с элементами кузова вагона. В процессе осмотра и оценки состояния вагонов в их металлической конструкции могут быть обнаружены как допустимые, так и недопустимые дефекты. При обнаружении недопустимого дефекта эксплуатацию вагона следует в скорейшем времени прекратить до полного устранения. Такими дефектами являются трещины стенки, длина которых составляет более 300 мм. Если трещина переходит со стенки вагона на шкворневую балку или хребтовую балку, такие трещины признаются недопустимыми независимо от длины. Не допускается наличие более двух трещин на одной секции стенки при их длине от 100 до 300 мм. Если трещина стенки имеет длину менее 100 мм и не проходит через конструктивные элементы, то такая трещина считается допустимой, и эксплуатация вагона продолжается до его попадания в ремонтное депо.

1.2 Сведения о материале для изготовления стенки вагона

Стенка вагона в зависимости от назначения может быть изготовлена из следующих марок сталей: 09Г2С, 09Г2Д, 10ХСНДП. Рассматриваемая настоящей выпускной квалификационной работе стенка вагона выполнена из стали 09Г2С, которая нашла наибольшее применение из приведенных выше сталей. Эта сталь относится к низколегированным конструкционным сталям, при изготовлении конструкции вагона применяется листовая и сортовой прокат из этой стали толщиной от 4 до 13 мм. При изготовлении стенки вагона в зависимости от расположения листа применяются стальные листы толщиной 4 мм и толщиной 5 мм. Содержание химических элементов в стали 09Г2С представлено в таблице 1. Такой состав позволяет обеспечить хорошую свариваемость стали с применением всех доступных способов сварки. Содержащийся в «стали углерод положительно влияет на твердость, предел текучести и временное сопротивление разрыву стали, повышая их значение, но снижает ударную вязкость и хладостойкость стали, увеличивает её красноломкость и ухудшает свариваемость. Содержащийся в стали кремний повышает ударную вязкость стали и её прочностные свойства, но коррозионная стойкость стали при добавках кремния снижается. Содержащийся в стали марганец положительно влияет на прочность и твердость стали, повышает стойкость против коррозии» [23], но ухудшает пластические свойства стали. Фосфор, сера, мышьяк – для стали 09Г2С являются вредными примесями, которые ухудшают её свойства, поэтому их содержание в стали ограничивается. «В стали возможно содержание некоторого количества хрома до 0,3 %, который несколько улучшает коррозионные свойства и прочностные свойства стали» [23].

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С

С	Mn	Si	S	P	N
до 0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	до 0,04	до 0,035	до 0,008

Так как в рассматриваемой стали по сравнению с низкоуглеродистыми сталями несколько повышено содержание легирующих элементов, то свариваемость, а значит, и особенности техники сварки такой стали изменятся. Под действием термического цикла в процессе сварки происходит образование некоторого количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. При благоприятном термическом цикле эти структурные составляющие равномерно распределены по объему и не оказывают существенного влияния на эксплуатационные характеристики изделия. Но при повышенных значениях погонной энергии сварки в зоне сварного шва могут образовываться участки с повышенным содержанием закалочных структур, что особенно сильно проявляется вблизи концентраторов напряжений. Это объясняется отрицательным действием содержащихся в металле элементов углерода и кремния, содержание которых по сравнению с низкоуглеродистой сталью в рассматриваемой стали выше. Также при сварке стали с применением стандартных сварочных материалов в зоне сварного шва может наблюдаться коррозионное растрескивание, что может быть устранено путем применения специализированных сварочных материалов с пониженным содержанием кремния и углерода. При выполнении сварных конструкций из рассматриваемой стали особое внимание следует уделить соблюдению техники сварки, от которой зависит термический цикл металла и свойства сварного соединения. Для предотвращения появления при сварке конструкций из стали 09Г2С дефектов (поры, трещины и наплывы) необходимо применение специализированных сварочных материалов, соблюдение режимов прокали сварочных материалов и более строгое по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей соблюдение техники сварки. Сварку «необходимо вести короткой дугой, длина которой составляет приблизительно один диаметр электрода, без поперечных колебаний, запрещается выводить кратеры на основной металл» [23] и прекращать сварку до полного выполнения шва, стыковые соединения предпочтительны перед нахлесточными и тавровыми соединениями.

1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки стенки вагона

Перед выполнением ремонтной сварки стенки вагона следует провести восстановление его геометрии, удалить прогибы конструкции и совместить, если это возможно, разделенные элементы до стыкового положения. Для восстановления геометрии вагона могут применять правильные машины, на которых правка выполняется как с подогревом, так и без подогрева (в случае незначительного прогиба несущего элемента). Для подогрева конструкции применяются керосиновые или газовые горелки. В случае отсутствия на предприятии правильной машины правка может быть выполнена с применением универсальных струбцин.

После восстановления геометрии вагона приступают к заварке трещины в его стенки. Место, где залегает трещина, очищается от загрязнений и краски до металла, снимается грязь, окалина, смазка, краска до состояния чистого металла.

Далее уточняют границы залегания трещины и помечают кернением её концы, центр засверливания должен находиться на расстоянии 3...5 мм от видимого конца трещины. Если визуально концы трещины определить затруднительно, можно применить нагрев газовым пламенем, не допуская перегрева конструкции более 100...150 °С, также положение концов трещины может уточняться при помощи магнитопорошкового метода. После определения и уточнения положения концов трещины выполняют сквозное засверливание с применением сверлильного станка на магнитной платформе, диаметр сверла составляет 6...12 мм в зависимости от толщины исправляемого элемента и раскрытия трещины. После засверливания необходимо выполнить зенковку отверстия на глубину не менее одной трети толщины металла.

Далее проводят разделку трещины, для чего могут быть применены как механические, так и воздушно-плазменные методы. Также при разделке

трещины может быть использована дуговая резка с применением строгача. При использовании угольного электрода диаметром 10 мм применяется ток 400...250 ампер с подачей сжатого воздуха под давлением 0,4...0,6 МПа. После применения дуговой и воздушно-плазменной резки поверхность металла должна быть очищена от брызг и окисленного слоя, который снимают на глубину не менее 1 мм при помощи механических средств, для чего применяется угловая шлифовальная машина. На рисунке 3 представлены геометрические параметры разделки кромок под ремонтную сварку. При выполнении разделки необходимо получить плавный выход концов разделки на поверхность основного металла и плавный переход стенок разделки на поверхность основного металла.

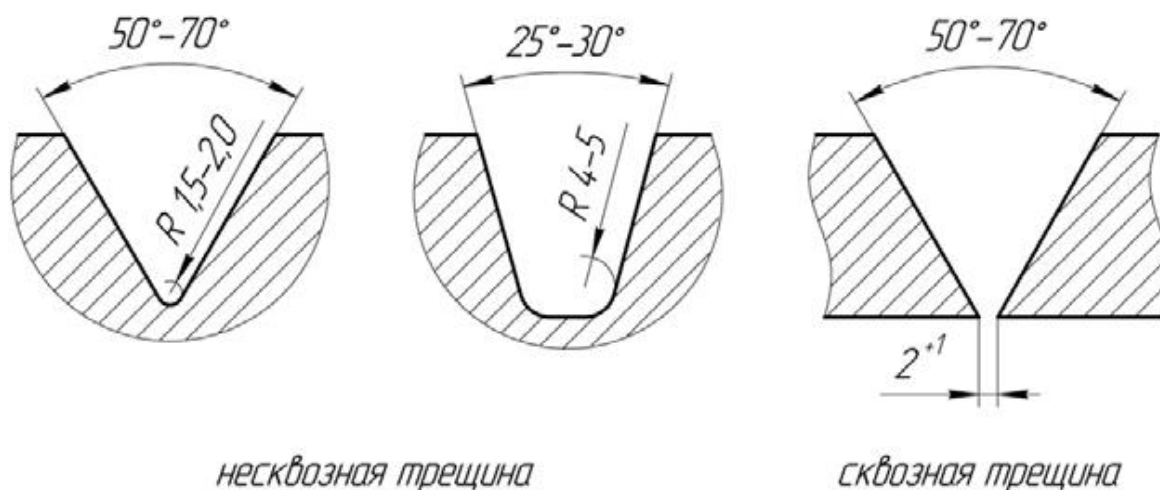


Рисунок 3 – Форма разделки кромок под заварку трещины

После разделки трещины следует провести зачистку торцев и поверхности основного металла на ширину 25 мм в обе стороны от разделки, если предполагается приваривать усиливающие конструкции, то их края также должны быть зачищены на ширину 25 мм с обеих сторон. Подготовка трещины, правильность её выявления и разделки перед ремонтной сваркой проверяется до выполнения ремонтной сварки мастером цеха или бригадиром. Также происходит периодическая проверка правильности выполнения работ службой технического контроля.

Для выполнения ремонтной сварки по «базовой технологии» применяется ручная дуговая сварка, для которой расходными материалами являются штучные электроды, параметры прокалики которых представлены в таблице 2. После того, как прокалика электродов была проведена, их помещают в резервную печь, откуда они вынимаются непосредственно перед самым использованием. Резервная печь предварительно должна иметь температуру разогрева 80...100 °С. Все прокаленные электроды должны быть использованы в течение одной рабочей смены, в противном случае необходимо проведение повторной прокалики, количество которых не должно быть более трех. Если после трех прокалок электроды не были использованы, их следует утилизировать» [23]. При ремонтной сварке допускается применять электроды диаметром не более 4 мм. Параметры режима сварки в зависимости от применяемого электрода и положения при сварке представлены в таблице 3.

При выполнении заварки трещины запрещается прерывать процесс до полного заплавления разделки. Усиление сварного шва должно быть незначительным, так как в дальнейшем оно будет снято с применением механических способов заподлицо с основным металлом. При заполнении разделки не допускается неполное заплавление, вогнутость сварного шва должна быть не более 0,5 мм. Запаление ведут в два прохода. Первый проход выполняют электродами диаметром 3 мм, второй проход выполняют электродами диаметром 4 мм.

Таблица 2 – Параметры прокалики электродов перед выполнением ремонтной сварки

Марка	Температура прокалики	Длительность прокалики
«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» [22]	350...380 °С	60...90 мин

Таблица 3 – Параметры режима сварки в зависимости от марки электрода, диаметра и положения при сварке

Марка электрода	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Положение		
			нижнее	вертикальное	потолочное
«УОНИ 13/45	3	70-100	+	+	+
	4	130-150	+	+	+
СМ-11	3	80-130	+	+	+
	4	140-220	+	+	+
УОНИ-13/55К	3	60-110	+	+	+
	4	120-160	+	+	+
ВН-48	3	80-130	+	+	+
	4	120-180	+	+	+
УОНИ-13/55	3	70-100	+	+	+
	4	130-160	+	+	+
ОЗС-33» [22]	3	90-140	+	+	+
	4	130-210	+	+	+

Если процесс сварки прерывается, то кратер следует выводить на ранее сваренный металл и впоследствии тщательно заправлять, при этом не допускается скопление нескольких кратеров в одном месте. При заварке трещины длиной более 300 мм сварку ведут обратноступенчатым способом. После заправки разделки проводят зачистку поверхности, удаляют наплывы, шлак, брызги металла на ширину 25 мм в обе стороны. Далее снимают усиление сварного шва и подварку корня шва с обратной стороны с последующей зачисткой. Для сварки применяется представленный на рисунке 4 выпрямитель ВД-252, хорошо зарекомендовавший себя при выполнении ремонтных работ в условиях колебания сетевого напряжения.



Рисунок 4 – Сварочный выпрямитель ВД-252

Для усиления места исправления дефекта применяют усиливающие накладки, которые предварительно изготавливают из такого же материала, что и основной металл конструкции толщиной от 0,8 до 1,0 толщины исправляемого элемента. В случае, если усиливающие накладки привариваются с двух сторон, они должны быть выполнены таким образом, чтобы швы с различных сторон конструкции располагались на расстоянии не менее 30 мм друг от друга. Накладку следует изготавливать таким образом, чтобы она перекрывала трещину не менее чем на 100 мм. Если это невозможно, то величина перекрытия по согласованию может быть уменьшена до 50 мм. перед установкой накладки усиление сварного шва должно быть снято до уровня основного металла. Зазор при установке накладки на ремонтируемый элемент вагона не должен превышать 1 мм, приварку усиливающей накладки выполняют по контуру, катет сварного шва составляет 0,7...0,8 от толщины привариваемой накладки.

После выполнения сварки каждого слоя проводят визуальный контроль качества. Проверяется отсутствие трещин всех видов и направлений, непроваров и несплавлений, незаваренных кратеров и наплывов. Дефектное место следует зачистить механическим способом и пересварить с последующим контролем качества. Допускается не более двух повторных сварок на одном месте, после чего дефектный участок конструкции должен быть полностью удален с установкой ремонтной конструкции. После полного заполнения разделки трещины проводится визуальный осмотр и ультразвуковой контроль. Для выполнения визуального контроля применяют лупу с увеличением в 4...7 раз, которая дополнительно снабжена подсветкой. Проверяется отсутствие трещин всех видов и направлений, непроваров и несплавлений, незаваренных кратеров и наплывов. Поры не должны иметь размеры более 2 мм, вогнутость сварного шва не должна превышать 0,5 мм, величина подрезов не должна превышать 2 мм. При ультразвуковом контроле не допускаются внутренние поры размером более 1 мм, цепочки пор и шлаковых включений, не допускаются несплавления.

1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике

«Для того, чтобы при построении проектной технологии применить наиболее современные и эффективные способы организации сварочного производства, были проведены литературные изыскания в области расширения технологических возможностей ремонтной сварки металлических конструкций. Поиск источников научно-технической информации выполнялся с применением системы ГУГЛ по ключевым словам» [23]. Кроме того, был выполнен экспертный поиск в таких информационных ресурсах, как «КиберЛенинка» (содержит тексты научных статей по техническим наукам), «ДиссерКэт» (содержит тексты диссертаций и авторефератов к диссертациям).

В первой работе [26] установлено, что при массовой доле минеральных составляющих в шихте сварочной проволоки до 2 % на стабильность горения дуги и переноса электродного металла существенное влияние оказывает состав применяемого при сварке защитного газа. Значительного улучшения параметров процесса удастся достигнуть при переходе от чистого углекислого газа к смеси аргон + углекислый газ в соотношении 8 к 2. При выборе состава порошковых проволок следует принимать во внимание, что наличие в шихте фторидов приводит к снижению стабильности горения дуги и переноса электродного металла, что приводит к переходу от струйного процесса к крупнокапельному. Стабилизации процесса сварки можно достигнуть при применении таких компонентов, как рутил и нелетучие фториды.

«Данная работа показывает возможность расширения технологических возможностей механизированной сварки порошковой проволокой в защитных газах и будет использована для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии ремонтной сварки стенки грузового вагона» [26].

Во второй работе [9] описаны результаты исследований в области повышения эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением процессом переноса электродного

металла. В результате повышается стабильность горения дуги и формирования сварного шва. Также следует ожидать улучшения условий формирования обратного валика при выполнении протяженных сварных швов с односторонним подходом.

Результаты данной работы показывают широкие возможности «сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и будут использованы для обоснования выбора способа сварки построения проектной технологии ремонтной сварки стенки грузового вагона» [9].

В третьей работе [22] проведенные исследования позволяют судить о высокой эффективности применения импульсных методов управления горением сварочной дуги при сварке. Положительные изменения в тепловом балансе позволяют повысить производительность сварки при снижении затрат электрической энергии, что объясняется значительным уменьшением потерь на разбрызгивание и нагрев зоны термического влияния. Импульсный характер горения дуги не только позволяет повысить пространственную стабильность дуги и снизить разбрызгивание, но и улучшить выделение из сварочной ванны растворенных в ней газов, что положительно сказывается на качестве сварного соединения. Кроме того, импульсное ударное воздействие на поверхность сварочной ванны позволяет формировать мелкозернистую структуру металла сварного шва, что улучшает эксплуатационные свойства и позволяет при выполнении ремонтной сварки повысить усталостную прочность конструкции.

Результаты данной работы свидетельствуют о высоком потенциале импульсных процессов управления и будут использованы при построении проектной технологии ремонтной сварки грузового вагона.

В четвертой работе [19] обобщен опыт применения порошковой проволоки для изготовления и ремонта конструкций различного назначения. Предложена порошковая проволока ПП-АН198, которая позволяет получать плотные швы и наплавленный металл при выполнении наплавки.

«Данная работа позволяет судить о высокой эффективности сварки самозащитной порошковой проволокой, которую предлагается рассмотреть при обосновании выбора способа сварки для построения проектной технологии ремонта стенки грузового вагона» [19].

Пятая работа [6] посвящена повышению эффективности сварки и наплавки с применением покрытых электродов, что достигнуто за счёт оптимизации технологии и параметров режима при моделировании теплового состояния металла в зоне сварки.

Данная работа расширяет возможности ремонтной сварки покрытыми электродами и будет использована при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии ремонтной сварки стенки грузового вагона.

На основании изученных работ для выполнения ремонтной сварки металлических конструкций грузового вагона могут быть рекомендованы такие способы сварки: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка в защитных газах порошковой проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

В исполнительском разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить экспертную оценку предлагаемых к рассмотрению способов ремонтной сварки и на основании обоснованного выбора способа сварки составить проектную технологию, экономическую эффективность от внедрения которой следует рассчитать в ходе выполнения оценочного раздела настоящей выпускной квалификационной работы. Проведенные литературные исследования послужат правильной формулировке задач на выполнение выпускной квалификационной работы и обеспечат требуемый уровень генерируемых решений. При этом следует опираться на достижения российских ученых в области повышения эффективности сварочных процессов, что обеспечит снижение капитальных затрат при внедрении и технологический суверенитет российской промышленности.

1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности сварочных операций при выполнении ремонта стенки грузового вагона. Базовый технологический процесс, описываемый в аналитическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы, рассчитан на применение ручной дуговой сварки и характеризуется рядом недостатков, которые были перечислены при анализе базовой технологии. По результатам проведенных литературных исследований выделены для последующей экспертной оценки способы сварки, применение которой для проектной технологии следует рассмотреть с точки зрения эффективности, также проведена постановка задач на выполнение работы. При решении первой задачи предстоит оценить эффективность рассматриваемых способов сварки для построения проектной технологии ремонта стенки вагона. При выполнении второй задачи предстоит с использованием российских исследований в области сварочных процессов повысить эффективность применяемого в проектной технологии способа сварки. При решении третьей задачи предстоит сформировать список операций технологического процесса и указать условия их выполнения с назначением оптимальных параметров и применяемого оборудования, предлагаемая проектная технология должна предусматривать применение сформулированных ранее технических решений. Помимо исполнительского раздела предстоит выполнить два оценочных раздела, в которых будут рассмотрены предлагаемые решения с точки зрения обеспечения промышленной и экологической безопасности [5], [19], а также провести экономическое обоснование целесообразности внедрения [10], [14]. При составлении заключения предстоит обобщить полученные в работе решения, дать им экологическую и экономическую оценку показать достижение поставленной цели.

2 Построение проектной технологии ремонтной сварки

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

Свойства материала конструкции, расположение и характер исправляемого дефекта, особенности работы конструкции и практические возможности конкретного предприятия определяют выбор того или иного способа сварки при построении проектной технологии. При выполнении ремонтной сварки рассматриваемой конструкции отсутствуют признаки массового производства, по причине чего наибольшее распространение получила ручная дуговая сварка, выполнение которой проходит по схеме, представленной на рисунке 5. На большинстве промышленных предприятий Российской Федерации имеется достаточное количество источников питания для реализации технологии ручной дуговой сварки, а сам процесс не требует значительной подготовки для проведения ремонтной сварки, что позволяет приступать к выполнению ремонтных работ практически незамедлительно после поступления поврежденной техники. Кроме того, ручная дуговая сварка характеризуется высокой мобильностью и универсальностью, что позволяет применять её для исправления дефектов металлических конструкций в любых пространственных положениях, это особенно важно на ремонтных предприятиях при сварке «по месту», когда отсутствует возможность кантовать габаритный и тяжелый вагон.

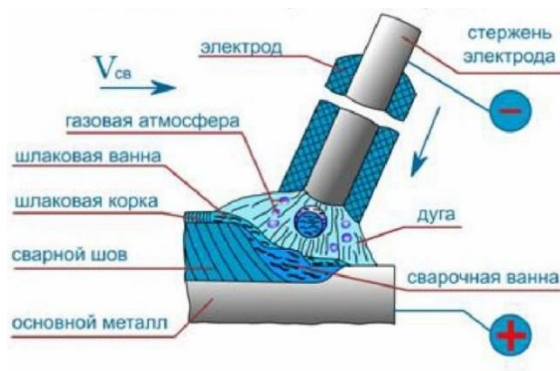


Рисунок 5 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

«При построении проектной технологии с применением ручной дуговой сварки приходится считаться с рядом недостатков, которые в современных условиях производства могут считаться критическими и заставлять вести поиск других способов сварки. Во-первых, отмечается низкая стабильность качества сварных соединений, которое в значительной мере зависит от квалификации сварщика, что становится дополнительной проблемой в условиях кадрового голода. Во-вторых, необходимо принимать во внимание вредные условия труда сварщика, работа которого проходит в среде сварочных аэрозолей и излучения от дуги» [13]. В-третьих, ручная дуговая сварка характеризуется значительными потерями электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки электродов, что в сочетании с необходимостью прерывать процесс сварки на смену электрода отрицательно сказывается на экономических показателях способа. В настоящее время ручная дуговая сварка уступает свои позиции механизированным и автоматическим способам сварки [12], [13].

На рисунке 6 представлена «схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, применение которой позволяет по сравнению с ручной дуговой сваркой существенно повысить производительность и качество выполняемых работ» [13].

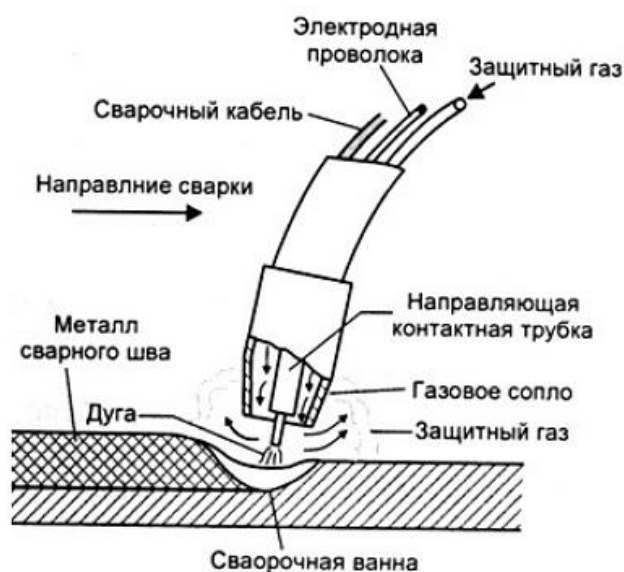


Рисунок 6 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

Применение сварки в защитных газах позволяет частично решать проблему негативного влияния на здоровье сварщика аэрозолей, так как их состав по сравнению со сваркой штучными электродами менее вреден. Поскольку при сварке в защитных газах расплавленный металл сварочной ванны характеризуется большей, по сравнению с ручной дуговой сваркой вязкостью, упрощается стабилизация положения сварочной ванны при различных пространственных ориентациях, при этом становится возможной сварка в потолочном положении. Так как при механизированной сварке отсутствует необходимость замены электрода и очистки поверхности шва от шлака, производительность и качество сварки повышается.

Следует указать недостатки механизированной сварки в защитных газах проволоками сплошного сечения, которые могут оказаться критичными при назначении способа сварки для построения проектной технологии. Во-первых, при сварке «наблюдается повышенное разбрызгивание электродного металла, что делает необходимым трудоемкую зачистку поверхности деталей, так как прилипшие брызги расплавленного металла ухудшают внешний вид и становятся очагами коррозии» [13]. Во-вторых, при сварке в защитных газах из-за повышенной вязкости расплавленного металла увеличивается вероятность появления в сварном шве трещин, ухудшаются условия отхождения из сварочной ванны газов. Указанные проблемы сварки в защитных газах решаются применением импульсного управления, реализованного в современных сварочных источниках.

Применение сварки порошковой самозащитной проволокой, схема которой представлена на рисунке 7, позволяет по сравнению с ручной дуговой сваркой повысить производительность и качество. По сравнению со сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения решается проблема образования трещин и несплавов, устраняются затруднения, связанные с изготовлением легированной проволоки, так как состав порошкового наполнителя может изменяться в широком диапазоне, что позволяет регулировать состав наплавленного металла. В числе недостатков сварки

самозащитными проволоками следует указать повышенную мягкость проволоки, в результате чего существенно увеличивается частота заломов и застреваний в подающих механизмах. Также следует принять во внимание повышенную текучесть расплавленного шлака и металла сварочной ванны, из-за чего повышаются требования к сборке и подготовке кромок, ухудшаются условия формирования корневого слоя шва. При плавлении порошковой проволоки может наблюдаться неравномерность нагрева проволоки по сечению, в результате чего часть нерасплавившегося шлака просыпается в сварочную ванну и становится причиной образования пор и шлаковых включений.

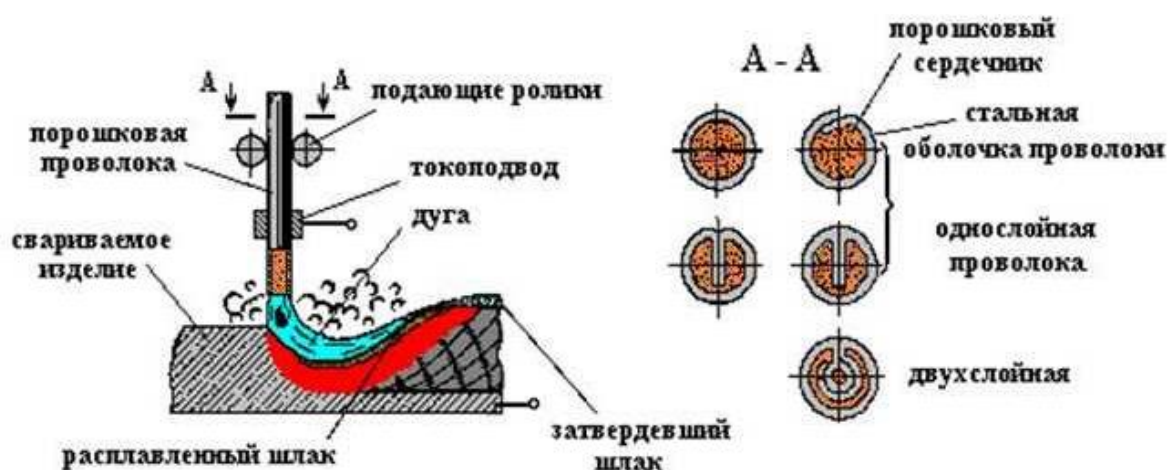


Рисунок 6 – Схема выполнения сварки самозащитной проволокой

Проведенный анализ «преимуществ и недостатков рассмотренных способов сварки, которые могут быть применены при построении проектной технологии ремонтной сварки стенки грузового вагона, для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, эффективность которой в условиях производства предлагается повысить за счёт разработок российских исследователей-сварщиков» [14] в области импульсного управления переносом электродного металла. Это позволит применить используемые в настоящий момент на предприятии источники питания после их модернизации.

2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах

При выполнении ремонтных работ значительное влияние на эксплуатационные свойства конструкции после ремонта оказывает уровень дефектности сварных швов. Как показала многолетняя успешная практика применения алгоритмов импульсного управления сварочной дугой, характер переноса электродного металла при сварке оказывает значительное влияние на процесс формирования сварного соединения и в конечном счете определяет его качество. На рисунке 7 представлены типы переноса электродного металла при сварке в зависимости от параметров режима. Особый интерес представляет импульсная дуговая сварка, позволяющая реализовать самые прогрессивные алгоритмы управления [18].

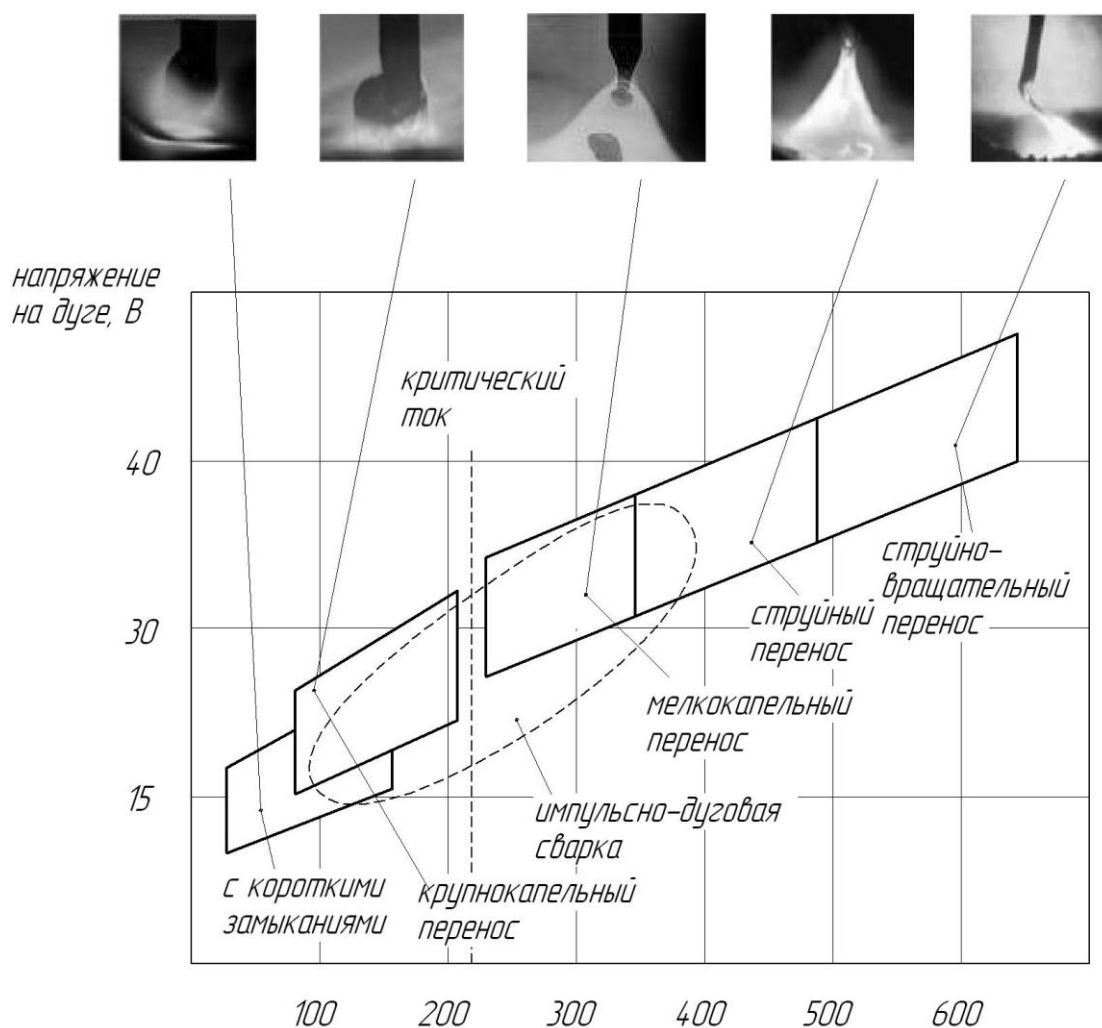


Рисунок 7 – Типы переноса электродного металла в зависимости от параметров режима сварки

Особенности и тип переноса электродного металла определяются факторами, разновидность которых представлена на рисунке 8. С середины прошлого века ведутся интенсивные разработки в области синтеза и реализации алгоритмов импульсного управления, которое обеспечивается при импульсной подаче сварочной проволоки посредством модернизированного механизма подачи или же при импульсном регулировании электрических параметров сварочной дуги [15], [16]. Применение алгоритмов импульсного управления горением сварочной дуги позволяет существенно уменьшить размер кристаллитов металла, что улучшает механические и эксплуатационные свойства сварных соединений. Кроме того, при реализации импульсного управления горением сварочной дуги удастся успешно бороться с разбрызгиванием и выгоранием электродного металла, что существенно улучшает внешний вид сварной конструкции и уменьшает трудоемкость её изготовления. Достижимая повышенная проплавливающая способность дуги упрощает проведение ремонтных работ при сварке в узкую разделку и при заварке трещин.

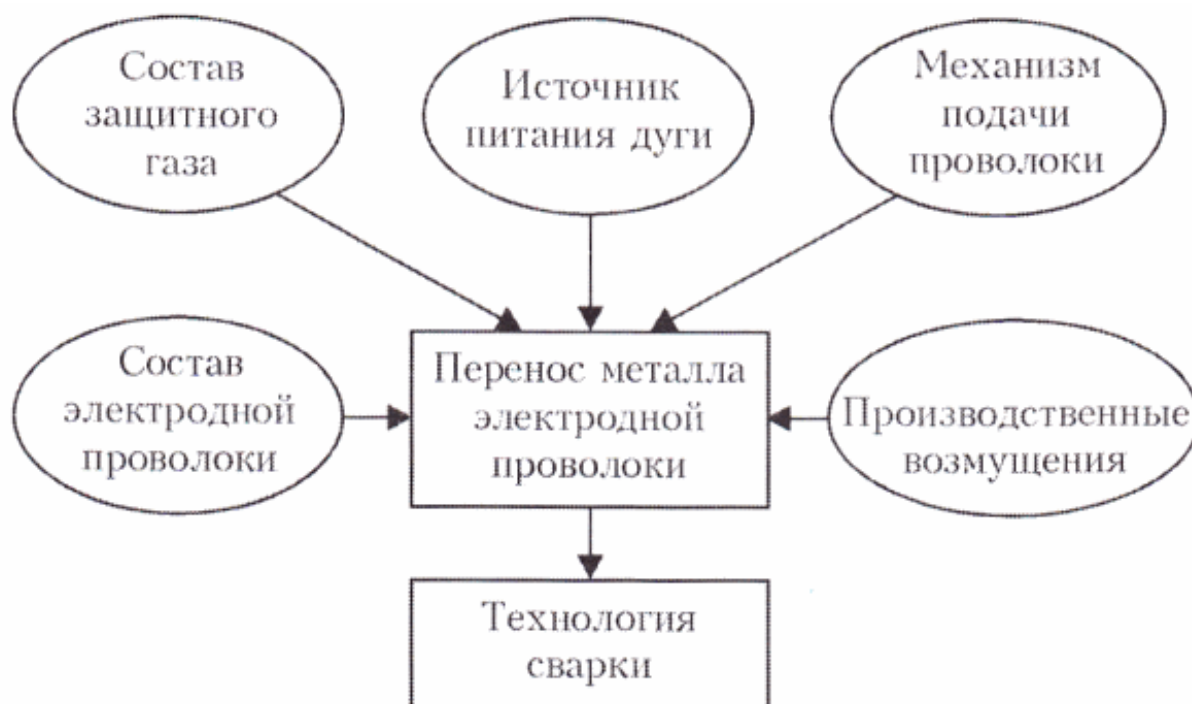


Рисунок 8 – Технологические факторы, определяющие тип переноса электродного металла при сварке

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы для реализации проектной технологии предлагается применить результаты исследования российских ученых в области импульсного управления сварочными процессами [17]. Функциональная схема установки для формирования импульсной дуги согласно предлагаемому изобретению представлена на рисунке 9. Питание сварочной установки обеспечивает стандартный выпрямитель 1, в качестве которого в рамках настоящей выпускной квалификационной работы предлагается применить представленный на рисунке 10 ВДГ-303. Подключение к свариваемому изделию 2 отрицательного полюса источника питания выполнено через управляющую цепь, представленную блоком управления 9, линией задержки 10 и датчиком тока 3. Сварочная проволока 5 подключена к положительному полюсу источника питания через секции дросселя 4. Параллельно силовому транзистору 7 подключен стабилитрон 8. В схеме установлен блок диодов 6. При работе предлагаемого устройства формируется осциллограмма, представленная на рисунке 11.

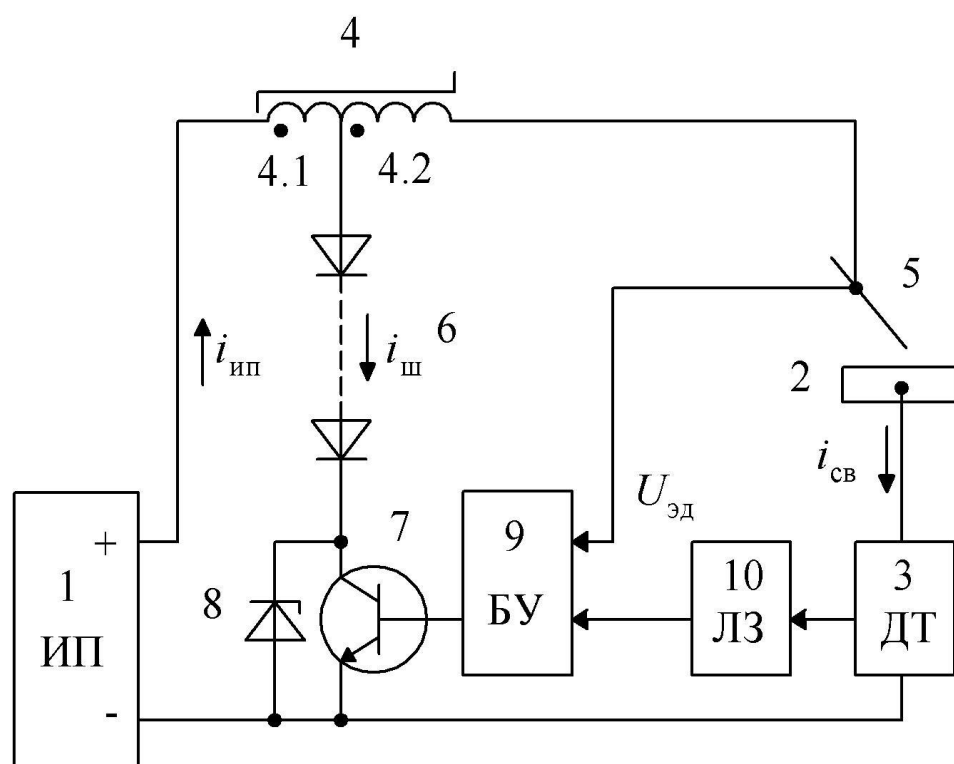


Рисунок 9 – Схема предлагаемого источника питания, обеспечивающего горение дуги в импульсном режиме



Рисунок 10 – Сварочный выпрямитель ВДГ-303

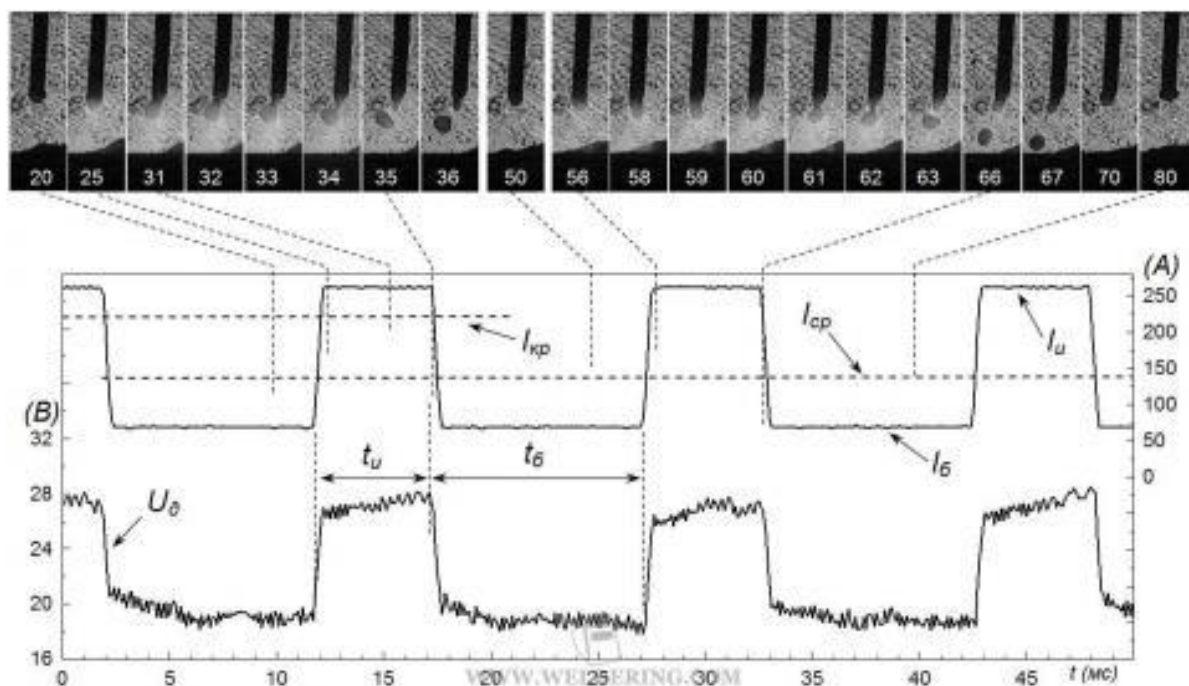


Рисунок 11 – Осциллограмма тока и напряжения при работе предлагаемого источника сварочного тока

Импульсный характер горения дуги и переноса электродного металла позволяет уменьшить зону термического влияния и потери металла на разбрызгивание за счёт оптимизации теплового баланса при сварке. Ударное воздействие на поверхность сварочной ванны позволяет уменьшить содержание растворенных в расплавленном металле газов и улучшить формирование обратного валика сварного шва.

2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки

После того, как были определены границы залегания трещины, следует выполнить рассверливание её концов, для чего первоначально проводят кернение центров будущих отверстий, расстояние которых от видимого конца трещины должно составлять от 3 до 5 мм. Засверливание выполняют с применением станка на магнитном основании и сверла диаметром от 8 до 12 мм. Повышение производительности разделки трещины обеспечивается применением для выполнения этой операции плазменной резки с использованием представленного на рисунке 12 резака РПВ-101, который запитывается от выпрямителя ВДУ-506. Ток при плазменной строжке составляет 150...170 ампер при напряжении на сжатой дуге 115...120 вольт, строжку ведут со скоростью от 0,8 до 1, 2 метров в минуту. Геометрические параметры разделки, которую ожидается получить, представлены на рисунке 13. После того, как трещина была разделана, следует зачистить её торцы с применением шлифовальной машинки, удаляя оплавленный металл. Разделка трещины в проектном варианте предполагает меньший угол раскрытия кромок, так как при импульсном характере горения дуги обеспечивается лучшая её проплавливающая способность и формирование корневого слоя шва.



Рисунок 12 – Оборудование для плазменной разделки трещины перед ремонтной сваркой

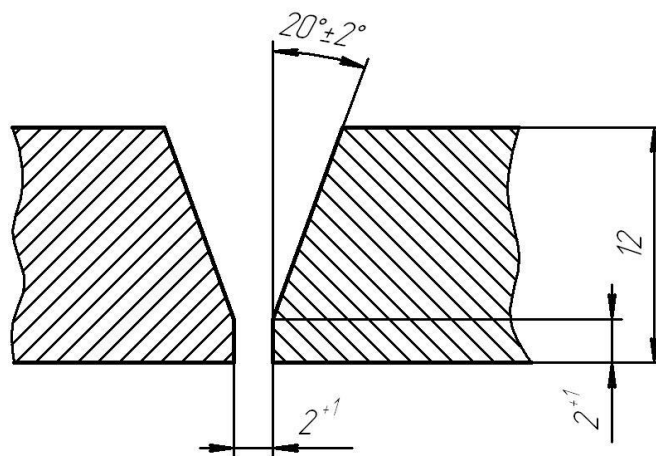


Рисунок 13 – Геометрия разделки

Заполнение разделки проводят с применением механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Питание сварочной дуги обеспечивается описанным выше формирователем импульсов. Применяется проволока Св-08Г2С диаметром 1,4 мм. Сила сварочного тока устанавливается из диапазоне от 200 до 250 ампер. Скорость подачи проволоки составляет от 100 до 150 мм в секунду, сварку ведут углом назад с вылетом от 13 до 20 мм. Расход защитного газа составляет от 900 до 1200 литров в час. Заполнение разделки проводят в два прохода короткой дугой. На рисунке 14 представлена форма сварного шва после заполнения разделки. Корневой слой сваривают обратно-ступенчатым способом, при этом длина участка составляет 150 мм. Далее проводят очистку поверхности наплавленного металла и визуальный контроль. При обнаружении дефектов выполняют зашлифовку и переварку дефектного места.

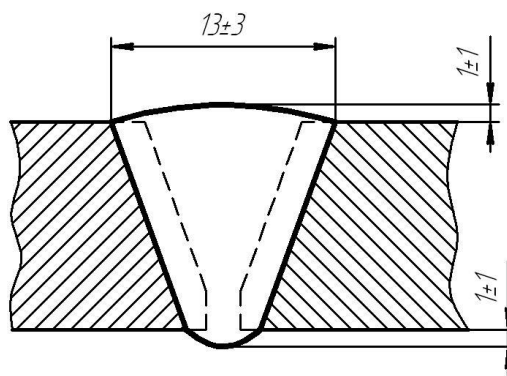


Рисунок 14 – Форма сварного шва после заполнения разделки

Далее проводят сварку двух заполняющих слоев и облицовочного слоя. Заваривание отверстий по концам трещины выполняют после сварки первого слоя. После выполнения сварки каждого слоя проводят визуальный контроль качества. Проверяется отсутствие трещин всех видов и направлений, непроваров и несплавлений, незаваренных кратеров и наплывов. Дефектное место следует зачистить механическим способом и переварить с последующим контролем качества. Допускается не более двух повторных сварок на одном месте, после чего дефектный участок конструкции должен быть полностью удален с установкой ремонтной конструкции. После полного заполнения разделки трещины проводится визуальный осмотр и ультразвуковой контроль. Для выполнения визуального контроля применяют лупу с увеличением в 4...7 раз, которая дополнительно снабжена подсветкой. Проверяется отсутствие трещин всех видов и направлений, непроваров и несплавлений, незаваренных кратеров и наплывов. Поры не должны иметь размеры более 2 мм, вогнутость сварного шва не должна превышать 0,5 мм, величина подрезов не должна превышать 2 мм. При ультразвуковом контроле не допускаются внутренние поры размером более 1 мм, цепочки пор и шлаковых включений, не допускаются несплавления.

Выводы по второму разделу

Настоящий раздел посвящен решению сформулированных задач. На основании литературного обзора выполнена экспертная оценка преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки, для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Расширение технологических возможностей выбранного способа обеспечено применением разработок российских исследователей в области импульсного управления дугой и переносом электродного металла. Составленная технология позволила применить предлагаемые решения на рассматриваемом производственном участке.

3 Промышленная безопасность производственного участка

3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи

Одним из основных требований, предъявляемых современному производству, является безопасность реализуемых технологических процессов для их участников. Ранее при подготовке исполнительского раздела решены поставленные технологические задачи, направленные на повышение эффективности сварочных операций при ремонте вагонов. Решение о возможности внедрения предлагаемых решений в современное производство должно приниматься на основании анализа возможности обеспечения безопасности труда. Для оценки технологического процесса выполнена укрупненная сема операций, представленная в таблице 4, которая позволяет получить необходимую информацию о перечне выполняемых операций, персонале, применяемом оборудовании и материалах, что является достаточным для идентификации опасных и вредных производственных факторов, которыми характеризуется рассматриваемый производственный участок, на котором предлагается реализовать проектную технологию. Укрупненный технологический процесс представляет совокупность четырех операций.

При выполнении подготовки дефектного места задействован слесарь-сборщик. При выполнении разделки и ремонтной сварки задействован газосварщик. При выполнении контроля качества задействован дефектоскопист. Применяемое при выполнении операций оборудование может стать причиной возникновения негативных производственных факторов, при этом, если фактор не ухудшает состояние персонала, то он признается нейтральным и в дальнейшем не учитывается. Поэтому следует идентифицировать только негативные факторы (опасные или вредные).

Таблица 4 – Укрупненная характеристика проектного технологического процесса ремонтной сварки при исправлении дефектов стенки вагона

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
«Подготовка трещины	Слесарь-сборщик	Шлифовальная машина, сверлильная машина, комплект для проведения цветной дефектоскопии	Абразивный круг, металлическая щетка, сверло, рукавицы
Разделка кромок	Газоэлектросварщик	Аппарат плазменной резки, шаблон сварщика	Щётка металлическая, вода техническая
Сварка	Газоэлектросварщик	Сварочный выпрямитель, полуавтомат, газовая аппаратура, формирователь сварочных импульсов	Сварочная проволока лигосульфат, углекислый газ, рукавицы
Контроль качества» [24]	Дефектоскопист	Комплект визуальной и цветовой дефектоскопии	Керосин, мел, рукавицы

Таким образом, на основании представленной в таблице информации может быть выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, оказывающих негативное воздействие на персонал предприятия.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

Процессы сварки и наплавки характеризуются набором негативных факторов, действие которых на персонал предприятия может привести к формированию или прогрессированию заболеваний, тогда такие факторы относят к вредным; или сопровождают получение травмы и случаи отрицательного выживания, тогда такие факторы относят к опасным.. В таблице 5 представлен перечень возникающих опасных и вредных производственных факторов. Источниками опасных и вредных факторов становится применяемое при выполнении технологических операций оборудование и инструмент, сама сварочная дуга или условия работы на производственном участке.

Таблица 5 – Негативные производственные факторы при реализации операций проектного технологического процесса ремонтной сварки стенки вагона

Наименование операции	Опасный или вредный производственный фактор
Подготовка трещины	- острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов - отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения
Разделка кромок	- «острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов - отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения - химические вещества в аэрозольном состоянии - повышенная температура поверхностей» [5]
Сварка	- чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания - повышенный уровень шума - опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током - движущиеся части машин и механизмов - острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - инфракрасное излучение - ультрафиолетовое излучение - химические вещества в аэрозольном состоянии - повышенная температура поверхностей
Контроль качества	- «повышенный уровень ультразвуковых колебаний - острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок» [5] - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии

Представленные в таблице негативные производственные факторы соответствуют ГОСТ 12.0.003-2015 и представляют набор стандартных формулировок в количестве двенадцати штук. Технические средства и методики, направленные на нейтрализацию действия этих факторов на персонал, по-видимому, будут являться стандартным набором средств, находящимся в арсенале современного предприятия. Далее при выполнении настоящего раздела следует составить перечень таких защитных средств и оценить эффективность их использования применительно к рассматриваемому процессу ремонтной сварки вагонов железнодорожного транспорта.

3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов

В таблице 6 для рассматриваемых негативных производственных факторов представлен перечень технических средств и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности задействованного персонала. Необходимо оценить эффективность этих средств для обоснования отсутствия необходимости выработки специальных решений. В представленной таблице рассматривается двенадцать негативных факторов, действие которых на персонал предприятия должно быть устранено.

Анализ негативных производственных факторов должен учитывать кумулятивный эффект, заключающийся в накоплении негативного действия в течении продолжительного времени и острого его проявления. Также следует принимать во внимание, что действующие совместно факторы могут усиливать друг друга, что повышает их опасность и вредоносность.

В арсенале средств, призванных нейтрализовать действие негативных факторов, числятся средства технического характера, организационные мероприятия и средства личной защиты. Значительная роль отводится организационным мероприятиям, от своевременности и полноты проведения которых в значительной степени зависит безопасность труда.

Как показывает практика, именно нарушение трудовой дисциплины становится причиной большинства несчастных случаев на производстве. Также следует принимать во внимание необходимость поддержания порядка на рабочем месте, что позволяет лучше организовать производственный процесс и обеспечить его безопасность по отношению к участникам.

Также следует постоянно проверять комплектность и исправность средств индивидуальной защиты, состояние которых должно контролировать как руководство предприятия, так и сам персонал. Для обслуживания технических средств безопасности труда должны привлекаться квалифицированные работники.

Таблица 6 – Средства и методики для устранения профессиональных рисков

Негативный фактор	Технические средства	Инд. средства
движущиеся части машин и механизмов	«устройства защитного отключения привода станков	Специальная одежда, перчатки
химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
инфракрасное излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски
отсутствие или недостатков искусственного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
химические вещества в аэрозольном состоянии	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	защитные маски
чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	индивидуальные средства защиты дыхательных путей
повышенная температура поверхностей	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	специальная одежда, перчатки, защитные маски
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	- организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности - контроль изоляции и заземления - защитное заземление, защитное отключение	защитная одежда, диэлектрические коврики
острые кромки и заусенцы и шероховатости и поверхности заготовок	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
отсутствие или недостатков естественного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
повышенный уровень ультразвуковых колебаний	- ограничение проникновения персонала в опасную зону	защита расстоянием и уменьшением времени воздействия
ультрафиолетовое излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски» [5]

Представленные в таблице 6 сведения свидетельствуют о комплексном решении задач промышленной безопасности и достаточности предлагаемы стандартных средств.

3.4 Пожарная безопасность производственного участка

«Реализация процессов сварки наплавки сопровождается повышением опасности возникновения пожара на производственном участке, причиной которого может стать сварочная дуга» [5] и нарушение нормальной работы расположенного на производственном участке электрического оборудования высокой мощности. Сварочная дуга является источником интенсивного теплового и светового излучения, разлетающихся брызг металла и нагрева поверхности деталей до опасных с точки зрения возгорания температур. Электрическое оборудование при нарушении целостности проводки также вызывает возгорание вследствие разлета искр и интенсивного нагрева. Кроме того, «наличие подвода электричества существенно затрудняет тушение пожара и ухудшает его протекание. В таблице 7 выполнена идентификация пожара, возникновение которого следует предотвратить» [5].

Таблица 7 – Идентификация пожара на производственном участке

«Наименование участка	Участок ремонтной сварки при исправлении дефектов стенки вагонов
Наименование оборудования	Оборудование для механической обработки, сварочное оборудование, термическое оборудование, дефектоскоп
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	Пламя, повышенная температура воздуха, токсические продукты горения, уменьшение концентрации кислорода в воздухе, снижение видимости из-за задымления, искры
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Поражение персонала электрическим током, падение на персонал элементов конструкции здания и оборудования» [5]

Для оперативного тушения возникающих пожаров и уменьшения ущерба от них необходимо выполнить идентификацию факторов пожара и классифицировать его. К таким факторам относят разлетающиеся при горении искры, застилающее обзор и мешающее ориентироваться в пространстве задымление, отравляющие людей токсические продукты горения, приводящее к удушью уменьшение содержания в воздухе кислорода, волны горячего

воздуха и само пламя. Также при пожаре возможно падение на людей элементов оборудования и строительной конструкции при её разрушении. На основании результатов проведенного анализа возникающий на рассматриваемом производственном участке пожар может быть отнесен к категории «Е», так как ещё одним поражающим фактором является электрический ток, поражение которым может произойти при тушении пожара. В таблице 8 «представлены средства, обеспечивающие устранение опасных факторов такого пожара, которые следует быть готовым применить на рассматриваемом производственном участке» [5].

Таблица 8 – Средства устранения факторов пожара

«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» [5]	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

Противопожарные мероприятия должны соответствовать принципу системности и целостности, обеспечивать возможность устранения пожара как на этапе его возникновения, так и после возникновения. При организации противопожарных мероприятий необходимо принимать во внимание приоритетность предупредительных мероприятий. Поэтому особое внимание следует уделить средствам и мероприятиям, обеспечивающим предотвращение появления возгорания на рассматриваемом производственном участке. Для этого запрещается складирование на нем мусора: ветошь, картон, бумага, элементы упаковки, куски пенопласта.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка

«Современные промышленные предприятия должны не только соответствовать требованиям соблюдения промышленной безопасности и пожарной безопасности, но и наносить минимальный ущерб окружающей среде» [1]. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается процесс сварки при исправлении дефектов стенки вагонов, который представляет опасность для элементов природы – гидросферы, литосферы и атмосферы. В таблице 9 представлены «мероприятия и средства, обеспечивающие защиту природных компонентов от негативных экологических факторов рассматриваемого производства» [1].

Таблица 9 – Мероприятия и средства по защите природных компонентов от негативных экологических факторов при ремонтной сварке стенки вагонов

Участок	Участок проведения сварочных работ при ремонте вагонов
Защита атмосферы	Вентиляционная система, обслуживающая производственный участок, должна быть оснащена системой фильтров, обеспечивающей сбор и утилизацию выделяющихся вредных компонентов. Запрещается сжигание промышленного мусора, полученного в ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм.
Защита гидросферы	Запрещается сливать в канализационную систему цеха машинное масло и другие отходы производства. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Очистка и повторное использование технической воды, позволяющие уменьшить расход водных ресурсов. Запрещается использование для технических нужд питьевой воды.
Защита литосферы	Обеспечить отдельный сбор и утилизацию промышленного мусора, возникающего в ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Запрещается закапывание и несанкционированное выбрасывание промышленного мусора. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Рециклинг промышленных отходов, позволяющий значительно уменьшить негативную нагрузку со стороны предприятия на литосферу.

Предлагаемые средства носят комплексный характер и обеспечивают при условии соблюдения минимизацию антропогенного действия на окружающую среду.

Выводы по экологическому разделу

В настоящем разделе «выпускной квалификационной работы выполнена оценка предлагаемых технологических решений с точки зрения безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности» [5] производственного участка. Выполнен краткий анализ технологического процесса ремонтной сварки вагонов. Составлен перечень производственных факторов, как опасных, так и вредных, защита от «действия которых реализуется путем применения стандартных средств и организационных мероприятий. Установлена достаточность стандартных средств для обеспечения производственной безопасности и отсутствие необходимости разработки специальных средств. На основании рассмотрения вопросов пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка составлен перечень средств и мероприятий» [5] по обеспечению пожарной безопасности и предотвращению возникновения пожара на предприятии. Установлено, что основной упор следует сделать на предотвращение возникновения ситуаций, в которых возможно возникновение пожара. Также были предложены мероприятия по защите составляющих природы – атмосферы, литосферы и гидросферы от негативного воздействия со стороны производственного участка. Особое внимание следует уделить селективному сбору промышленных отходов и недопустимости несанкционированного их выбрасывания, что может привести к загрязнению гидросферы и литосферы. Таким образом, предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения не представляют существенной угрозы работникам предприятия и окружающей среде. Все возникающие при реализации проектной технологии негативные воздействия могут быть нейтрализованы с применением стандартных средств и мероприятий. Таким образом, предлагаемые решения не противоречат требованиям промышленной, пожарной и экологической безопасности и могут быть внедрены в современное производство.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений

4.1. Исходные данные для экономического расчёта

Ранее был составлен технологический процесс ремонтной сварки при исправлении дефектов стенки вагонов. Проведено обоснование применения сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения для реализации проектной технологии. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки. Далее сформулированы требования к выполнению операций проектного технологического процесса. Применение предлагаемых решений при реализации проектного технологического процесса по сравнению с базовой технологией позволяет получить комплексный положительный технологический эффект, выражающийся в одновременном повышении производительности выполняемых работ и их качества. За счёт повышения производительности ожидается снижение размеров фонда заработной платы, а повышение качества позволяет экономить на сварочных материалах, электрической энергии и фонде заработной платы, так как существенно снижается количество брака и работ по его исправлению. В таблице 10 представлены исходные данные, которые будут применены для расчёта экономических показателей. С применением этих данных предстоит рассчитать временные и «экономические показатели базового и проектного вариантов технологии сварки. Поскольку в выпускной квалификационной работе рассматривается ремонтный процесс, то экономические расчёты будут проводиться исходя из работы производственного участка в одну смену. Вывод о целесообразности внедрения в производство предлагаемых технических решений следует сделать на основании экспертной оценки меняющихся экономических показателей рассматриваемых вариантов технологии» [10].

Таблица 10 – Данные для расчета экономических показателей производства

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Принимаемое значение по варианту технологии	
			базовый	проектный
«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	12	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
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	20	20
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» [10]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

«Дальнейшие экономические показатели рассчитываются на основании представленных в настоящей таблице исходных данных. Алгоритм оценки эффективности предусматривает отдельное определение временных показателей рассматриваемого производства, отдельный расчёт составляющих технологической себестоимости, цеховых и заводских расходов, капитальных вложений» [10].

4.2 Фонд времени работы оборудования

Начальным этапом для расчета экономических показателей производства является определение его временных параметров, к которым, в первую очередь, следует отнести годовой фонд времени работы оборудования F_n и эффективный фонд времени работы оборудования $F_э$, связанные друг с другом через коэффициент рабочего времени B . Годовой фонд времени работы оборудования F_n в дальнейшем определяет годовую программу и влияет на последующие расчеты.

Рассматриваемое в настоящей выпускной квалификационной работе производство предусматривает работу в одну смену, таким образом, для «расчётов принимается количество смен $K_{см}=1$. Общее число рабочих дней в одном календарном году принимается равным $D_p=277$. Нормальная продолжительность рабочей смены для проведения последующих расчётов принимается равной $T_{см}=8$ часов. В предпраздничные дни уменьшение продолжительности рабочей смены составляет $T_{п}=1$ час. Количество предпраздничных дней в году для выполнения расчётов принимается равным $D_{п}=7$ дней. На основании вышеизложенного может быть рассчитано значение годового фонда времени:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.} \quad (1)$$

Эффективный фонд времени работы оборудования позволяет учесть потери рабочего времени» [10] через коэффициент B , значение которого для рассматриваемого случая построения технологического процесса принимается $B=0,07$. На основании вышеизложенного

$$F_э = F_n(1-B) = 2209 \cdot (1 - 0,07) = 2054 \text{ часов.} \quad (2)$$

Расчёт показателей экономической эффективности в дальнейшем выполняем с учетом рассчитанного выше значения эффективного фонда времени $F_э = 2054$ часа.

4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства

Расчёт капитальных вложений и экономической эффективности внедрения в производство предлагаемых решений требует для своего проведения задания годовой программы производства Π_{Γ} . Для его определения предварительно следует задаться значением штучного времени $t_{шт}$ для базового и проектного вариантов технологии, которые могут упрощенно рассчитывать по составляющим: «машинное время $t_{маш}$, значение которого задается по результатам анализа особенностей базового и проектного вариантов технологического процесса; вспомогательное время $t_{всп}$, которое задается через машинное время и составляет 10 % от него; время на обслуживание рабочего места $t_{обсл}$, которое задается через машинное время и составляет 5 % от него; времени на личный отдых $t_{отд}$, которое задается через машинное время и составляет 5 % от него; подготовительно-заключительное время $t_{пз}$, которое задается через машинное время и составляет 1 % от него. Таким образом, расчёт штучного времени по упрощенной схеме» [10] выполняется как

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

Расчёт по формуле (3) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84$ часа. Расчёт по формуле (3) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,42$ час.

Далее рассчитывается годовая программа как отношение эффективного фонда времени оборудования $F_{\text{э}}$ и штучного времени $t_{шт}$ как

$$\Pi_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Расчёт по формуле (4) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_r = 2054/4,48 = 424$ дефектов за год. Расчёт по формуле (4) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_r = 2054/2,42 = 848$ дефектов за год. С учётом потребностей рассматриваемого производства для значения годовой программы принимается $\Pi_r = 300$ ремонтируемых дефектов за один год. Далее следует выполнить расчёт количества оборудования $n_{расч}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса, для чего «следует применить ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени $F_э$, годовой программы Π_r и штучного времени $t_{шт}$ с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн}$, значение которого в рассматриваемом варианте производства принимается $K_{вн} = 1,03$ » [10]:

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

«Расчёт по формуле (5) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{расч.} = 4,84 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,7$. Расчёт по формуле (5) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{расч.} = 2,42 \cdot 300 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ » [10]. Следует принять ближайшее большее натуральное значение, которое для проектного и базового вариантов составляет 1 и 1 соответственно. Коэффициент загрузки оборудования $K_з$, который рассчитывается как отношение расчётного и принимаемого количества оборудования по вариантам технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Расчёт по формуле (6) для базового и проектного вариантов позволяет получить $K_з = 0,7/1 = 0,7$ и $K_з = 0,4/1 = 0,4$ соответственно, что объясняется повышением производительности труда при реализации проектного варианта технологического процесса.

4.4 Заводская себестоимость

Для определения размеров технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проведения работ согласно рассматриваемым вариантам технологического процесса необходимо выполнить раздельный расчёт составляющих: «затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$, затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ и затрат на площади $Z_{\text{пл}}$. Расчёт расходов на сварочные материалы проводится с учётом их цены $C_{\text{м}}$, нормы расхода $H_{\text{р}}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$, значение которого для рассматриваемого производства согласно таблице исходных данных составляет $K_{\text{тз}} = 1,05$ » [10]:

$$M = C_{\text{м}} \cdot H_{\text{р}} \cdot K_{\text{тз}} . \quad (7)$$

Расчёт по формуле (7) для базового варианта технологии позволяет получить $M = 354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 412 \text{ руб.}$ Расчёт по формуле (7) для проектного варианта позволяет получить $M_{\text{баз.}} = 78 \text{ р/кг} \cdot 1 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 255 \text{ руб.}$

«Фонд заработной платы ФЗП предприятия характеризует расходы на основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную заработную плату $Z_{\text{доп}}$, которые рассчитываются с учетом часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$, коэффициента доплат $K_{\text{д}}$ и коэффициента дополнительных затрат $K_{\text{доп}}$. Для рассматриваемого производства по таблице исходных данных принимается $C_{\text{ч}} = 300 \text{ руб.}$, $K_{\text{д}} = 1,88$ и $K_{\text{доп}} = 0,12$. Расчёт величины $Z_{\text{осн}}$ » [10]:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

«Применение (8) для базового варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн}} = 4,84 \cdot 300 \cdot 1,88 = 2730 \text{ руб.}$ Применение (8) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн.}} = 2,42 \cdot 300 \cdot 1,88 = 1365 \text{ руб.}$ » [10]

Расчёт величины $Z_{\text{доп}}$ предусматривает применение следующей математической зависимости:

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

Применение (9) для базового варианта позволяет получить величину $З_{доп} = 2730 \cdot 0,12 = 328$ руб. Применение (9) для проектного варианта позволяет получить величину $З_{доп} = 1365 \cdot 0,12 = 164$ руб.

Расчёт величины ФЗП:

$$ФЗП = З_{осн} + З_{доп}. \quad (10)$$

Применение (10) для базового варианта позволяет получить величину $ФЗП = 2730 + 328 = 3058$ руб.. Применение (10) для проектного варианта позволяет получить величину $ФЗП = 1365 + 164 = 1529$ руб.

Уменьшение значения ФЗП для проектного варианта по сравнению с базовым вариантом технологии происходит по причине повышения производительности труда, а не снижения часовой тарифной ставки, таким образом, работники предприятия с учётом снижения трудоемкости процесса не теряют в заработной плате.

«Размер отчислений на социальные нужды O_{cc} определяется с учетом ранее определенных значений ФЗП для рассматриваемых вариантов и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{сн}$, значение которого для рассматриваемого» [10] производства из таблицы исходных значений принимается $K_{сн} = 0,34$. Расчёт величины O_{cc} :

$$O_{сн} = ФЗП \cdot K_{сн}. \quad (11)$$

Применение (11) для базового варианта позволяет получить величину $O_{сн} = 3058 \cdot 0,34 = 1040$ руб. Применение (11) для проектного варианта позволяет получить величину $O_{сн} = 1529 \cdot 0,34 = 520$ руб. «Для того, чтобы рассчитать размер затрат на оборудование $З_{об}$, необходимо предварительно определить составляющие: амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{э}$ » [10]. При расчете величины $A_{об}$ применяются ранее определенные значения F , и $t_{маш}$, а также принятые для

рассматриваемого производства норма амортизации H_a и стоимость оборудования $\Pi_{об}$, значения которых берутся из таблицы исходных данных. Расчёт величины $A_{об}$:

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

«Применение (12) для базового варианта позволяет получить величину $A_{об} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 4,84 / 2054 / 100 = 50$ руб. Применение (12) для проектного варианта даёт $A_{об} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 2,42 / 2054 / 100 = 100$ руб.» [10]

Для расчёта величины $P_{э}$ выполняется применяется цена электрической энергии $\Pi_{э}$, установленная мощность применяемого оборудования $M_{уст}$, машинное время $t_{маш}$ и «коэффициент полезного действия. Эти значения были рассчитаны ранее или принимаются из таблицы исходных данных. Расчёт величины $P_{э}$ » [10]:

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

«Применение (13) для базового варианта позволяет получить величину $P_{э} = 10 \cdot 4,84 \cdot 3,4 / 0,7 = 325$ руб. Применение (13) для проектного варианта позволяет получить величину $P_{э} = 40 \cdot 2,42 \cdot 3,4 / 0,85 = 535$ руб.» [10]

Величина затрат на оборудование $Z_{об}$ определяется как сумма $A_{об}$ и $P_{э}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э}. \quad (14)$$

Применение (14) для базового варианта позволяет получить величину затрат на оборудование $Z_{об} = 50 + 325 = 375$ руб. Применение (14) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{об} = 100 + 535 = 635$ руб.

Полученные значения составляющих позволяют рассчитать полное значение «технологической себестоимости $C_{тех}$ выполняется как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{сс}$, затрат на оборудование $Z_{об}$ и затрат на площади $Z_{пл}$ » [10]:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сс} + Z_{об} + Z_{пл}. \quad (15)$$

«Применение (15) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{тех}} = 412+3058+1040+375+1083 = 5968$ руб.» [10] Применение (15) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{тех}} = 255+1529+520+635+542=3481$ руб..

Снижение технологической себестоимости в проектном варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения размеров фонда заработной платы, затрат на материалы и затрат на оборудование, что объясняется применением более производительного оборудования с расширенными технологическими возможностями.

Для расчётного определения «цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо применить ранее рассчитанное значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных данных $K_{\text{цех}}=1,5$. Расчёт величины $C_{\text{цех}}$:

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

Применение (16) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{цех}} = 5968 + 1,5 \cdot 2730 = 5968 + 4095 = 10063$ руб. Применение (16) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{цех}} = 3481 + 1,5 \cdot 1365 = 3481 + 2048 = 5529$ руб.

Для расчётного определения заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо применить ранее рассчитанные значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных значений $K_{\text{зав}}=1,15$. Расчёт величины $C_{\text{зав}}$:

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

Применение (17) для базового варианта позволяет получить значение $C_{\text{зав}} = 10063 + 1,15 \cdot 2730 = 10063 + 3140 = 13203$ руб. Применение (17) для проектного варианта дает $C_{\text{зав}} = 5529 + 1,15 \cdot 1365 = 5529 + 1570 = 7099$ руб.

Для анализа которых на рисунке 15 представлена диаграмма, демонстрирующая состав заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам технологического процесса» [10]. Калькуляция представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Калькуляция заводской себестоимости

Показатель	Обозначение	Базовый	Проектный
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	С _{тех}	5968	3481
7 Цеховые расходы	Р _{цех}	4095	2048
8 Цеховая себестоимость	С _{цех}	10063	5529
9 Заводские расходы	Р _{зав}	3140	1570
10 Заводская себестоимость» [10]	С _{зав}	13203	7099

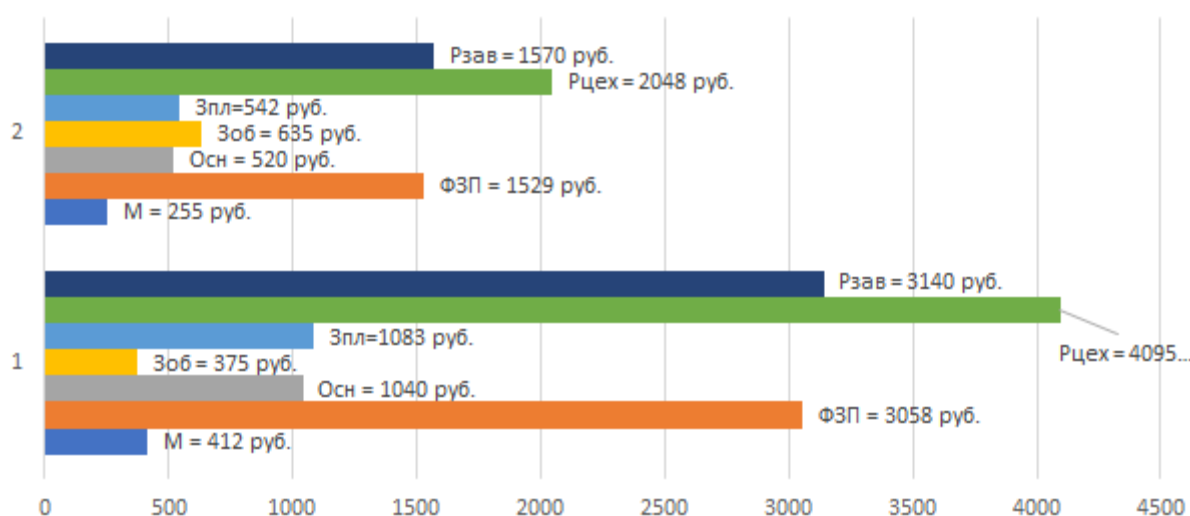


Рисунок 15 – Состав заводской себестоимости

Снижение заводской себестоимости в проектном варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения величины технологической себестоимости и величины цеховых и заводских расходов.

Высокая эффективность предлагаемых решений доказывается уменьшением величины заводской себестоимости в проектном варианте по сравнению с базовым вариантом. Но для расчётного определения показателей экономической эффективности требуется рассчитать капитальные затраты.

4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам

Первоначально следует определиться с «величиной остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$, использование которого выполнялось при реализации базовой технологии. При продолжительности эксплуатации $T_c=3$ года и цене оборудования $\Pi_{перв}=100$ тыс. руб. с учетом нормы амортизационных отчислений $H_a=21,5\%$ » [10]:

$$\Pi_{об.б.} = \Pi_{перв} - (\Pi_{перв} \cdot T_{сл} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

«Применение (18) для базового варианта позволяет получить величину $\Pi_{об.б.} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000$ руб.» [10]

Величина общих капитальных затрат $K_{общ.б.}$ в базовом варианте технологии, рассчитывается по ранее полученному коэффициенту загрузки K_z и остаточной стоимости $\Pi_{об.б.}$:

$$K_{общ.б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,7 = 25900 \text{ рублей.} \quad (19)$$

«Капитальные затраты на оборудование при реализации проектного технологического процесса $K_{об.пр.}$ рассчитываются с учётом цены оборудования по проектному варианту $\Pi_{об.пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования K_z , расчётное значение которого составляет $K_z=0,4$. Из таблицы исходных данных принимается $\Pi_{об.пр.}=400$ тыс. рублей, $K_{тз}=1,05$. Капитальные затраты по на оборудование по проектному варианту составят» [10]

$$K_{об.пр.} = \Pi_{об.пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 168000 \text{ руб.} \quad (20)$$

«Далее рассчитывают расходы на демонтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на демонтаж $K_{дем}=0,05$ и цены оборудования $\Pi_{об.б.}=100$ тыс. рублей определяют как» [10]

$$P_{дем} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{д} = 100000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ руб.} \quad (21)$$

Далее рассчитывают расходы на монтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на монтаж $K_{\text{мон}}=0,05$ и цены оборудования $\Pi_{\text{об.пр.}}=400$ тыс. рублей определяют как

$$P_{\text{монт}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ рублей.} \quad (22)$$

«Далее рассчитываем величину сопутствующих расходов как сумму расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ и расходов на монтаж $P_{\text{мон}}$:

$$K_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}} = 5000 + 20000 = 25000 \text{ рублей.} \quad (23)$$

Величину капитальных затрат по проектной технологии $K_{\text{общ.пр.}}$ рассчитывается как сумма сопутствующих расходов $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об.пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{соп.}} = 168000 + 25000 = 193000 \text{ руб.} \quad (24)$$

Размер дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ вычисляется с учётом ранее определенных капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б.}}$ и капитальных затрат по проектной технологии $K_{\text{общ. пр.}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 193000 - 25900 = 167100 \text{ рублей.} \quad (25)$$

Размер удельных капитальных затрат $K_{\text{уд}}$ рассчитывается по капитальным вложениям $K_{\text{доп}}$ с учётом годовой программы $\Pi_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{Г}}. \quad (26)$$

Для базового варианта технологического процесса величина удельных капитальных» [10] затрат составляет $K_{\text{уд}} = 25900/300 = 86$ рублей за один исправляемый дефект. Для проектного варианта технологического процесса величина удельных капитальных затрат составляет $K_{\text{уд}} = 193000/300 = 643$ рублей за один исправляемый дефект.

4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей

Доказательство целесообразности внедрения предлагаемых технологических решений в современное производство выполняется по результатам анализа «показателей экономической эффективности». Снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$ оценивается по изменению значения штучного времени $t_{шт}$:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт\ б} - t_{шт\ пр}) \cdot 100 \% / t_{шт\ б} = (4,84 - 2,42) \cdot 100 \% / 4,84 = 50 \%. \quad (27)$$

Расчёт повышения производительности труда P_T :

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = 100 \cdot 50 / (100 - 50) = 100 \%. \quad (28)$$

Расчёт снижения технологической себестоимости:

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} = (5968 - 3481) \cdot 100\% / 5968 = 42 \% \quad (29)$$

Условно-годовая экономия $\mathcal{E}_{уг}$ позволяет оценить величину экономического эффекта без учета капитальных вложений и рассчитывается с учётом разности заводской себестоимости $C_{зав}$ по вариантам технологии и годовой программы P_T [10]:

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot P_T = (13203 - 7099) \cdot 300 = 5729700 \text{ рублей}. \quad (30)$$

Эффективность внедрения предлагаемых технологических решений характеризуется сроком окупаемости $T_{ок}$:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 167100 / 572970 = 0,3 \text{ года}. \quad (31)$$

Расчёт годового экономического эффекта $\mathcal{E}_T$ с учетом коэффициента окупаемости затрат $E_H = 0,33$:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{уг} - E_H \cdot K_{доп} = 5729700 - 0,33 \cdot 167100 = 5674557 \text{ рублей}. \quad (32)$$

С использованием рассчитанных показателей эффективности можно судить о целесообразности внедрения предлагаемых решений.

Выводы по экономическому разделу

«При выполнении настоящей выпускной квалификационной работы рассматривались вопросы повышения эффективности при исправлении дефектов стенки вагонов с применением сварочных технологий. На основании экспертной оценки рассматриваемых способов обосновано применение сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки. Далее составлена проектная технология, реализованная применительно к рассматриваемому изделию» [10]. На основании анализа особенностей протекания базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитаны временные показатели производства. Далее с использованием исходных данных проведен расчёт составляющих технологической себестоимости проведения сварочных работ, в ходе которого установлено, что внедрение предлагаемых технологических решений позволяет уменьшить размер фонда заработной платы и отчислений на социальные нужды за счёт повышения производительности труда. Также это привело к значительному уменьшению цеховых и заводских расходов, что положительно сказалось на уменьшении заводской себестоимости проведения сварочных работ. Таким образом, за счёт применения более прогрессивного оборудования и технологий при внедрении предлагаемых решений в производство удастся уменьшить трудоемкость выполнения работ на 50 %, повысить производительность процесса на 100 %. За счёт уменьшения размера основных составляющих технологической себестоимости её величина уменьшается на 42 %. При капитальных вложениях 167 тыс. рублей срок окупаемости составляет 0,3 года, а экономический эффект составляет 5,674 млн. рублей. Размер ожидаемого экономического эффекта может быть многократно повышен при расширении области применения предлагаемых решений. Следует признать эффективность внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических решений.

Заключение

Выпускная квалификационная работа направлена на решение вопросов, связанных с повышением эффективности ремонтных предприятий, на которых выполняется восстановление грузовых вагонов железнодорожных составов. В частности, рассматривается улучшение технологии ремонтной сварки стенки грузового вагона. Во введении представлен краткий анализ состояния вопроса и обоснована актуальность выбранного направления исследования, выполнена формулировка цели выпускной квалификационной работы и способов её достижения.

Базовая технология, которая предусматривает применение ручной дуговой сварки с установкой усиливающей конструкции, характеризуется рядом недостатков, в условиях современного производства оказывающихся критическими. Во-первых, это низкая производительность труда, связанная с необходимостью прерывать процесс сварки на замену электрода и отбитие шлака. Кроме того, значительное количество дефектов, возникающих при сварке, также заставляют расходовать на их исправление временные ресурсы. Во-вторых, место ремонта, выполненное с применением ручной дуговой сварки, характеризуется недостаточными эксплуатационными свойствами, что объясняется перегревом металла и образованием при сварке значительного числа концентраторов напряжений.

На основании проведенного литературного обзора выполнен анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности ремонтной сварки металлических конструкций дуговыми способами, выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу.

В ходе решения первой задачи обоснован выбор способа сварки для реализации проектной технологии. На основании экспертной оценки преимуществ и недостатков рассматриваемых способов предложено

применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

В ходе решения второй задачи предложено применить разработку российских исследователей-сварщиков в области синтезирования алгоритмов импульсного управления дугой и переноса электродного металла. Реализация возможностей, заложенных в предлагаемый к использованию сварочный источник питания, позволяет за счёт изменения теплового баланса повысить эффективный КПД сварки и уменьшить тепловую нагрузку на основной металл.

В ходе решения третьей задачи выполнено построение проектной технологии ремонтной сварки, для реализации которой составлен перечень операций, сформулированы требования к их выполнению и назначены параметры режима.

В выполнении третьего раздела настоящей выпускной квалификационной работы проведена идентификация негативных производственных факторов, образование которых и действие на персонал наблюдаются при реализации проектного технологического процесса. Кроме того, рассмотрены меры по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности рассматриваемого сварочного участка.

В ходе выполнения четвертого раздела настоящей выпускной квалификационной работы был выполнен расчёт экономических показателей, характеризующих реализацию базового технологического процесса и реализацию проектного технологического процесса. На основании сравнения этих показателей можно судить о высокой эффективности предлагаемых решений.

Ожидаемое повышение производительности труда за счёт применения более прогрессивных технологий сварки составляет 100 % при снижении технологической себестоимости на 42 %. Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых решений на рассматриваемом производстве составляет 5 млн. рублей, что позволяет судить о высокой эффективности предлагаемых решений и достижении поставленной цели работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
2. Вертакова Ю. В., Плотников В. А. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 7-20.
3. 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.
4. Голубчик А. М. Экономические санкции в отношении России: транспортный аспект // Российский внешнеэкономический вестник. 2022. № №. С. 50-58.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Гулаков С. В., Носовский Б. И. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 2002. № 9. С. 24–28.
7. Данилов Н. И., Щелоков Я. М. Основы энергосбережения // Уральский гос. ун-т путей сообщения. Екатеринбург, 2010. 564 с.
8. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. 2016. № 7. С. 18-23.
9. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

11. Ленчук Е. Б. Научно-технологическое развитие России в условиях санкционного давления // Экономическое возрождение России. 2022. № 3. С. 52-60.
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. 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.
15. Патон Б. Е., Лебедев А. В. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 1988. № 11. С. 1–5.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34-42.

20. Расулов М. Х., Ибрагимов У. Н., Рахимов Р. В. Проблемы повышения конкурентоспособности отечественных железнодорожных коридоров // Научные труды Республиканской научно-технической конференции с участием зарубежных ученых «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». Ташкент : ТашИИТ, 2013. С. 14–17.

21. Рузметов Я. О., Адилов Н. Б., Кодиров Н. С. Анализ технического состояния весоповерочных вагонов типа 640-ВПВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. № 2. С. 17-21.

22. Сидорец В. Н., Жерносеков А. М., Рымар С. В. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 2. С. 221–225.

23. Смирнов В. А., Талызин А. С. Энергосбережение при ремонте и техническом обслуживании локомотивов // Известия Транссиба. 2011. № 4. С. 41-49.

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

25. Сталберг А., Дарси, Д. Тень санкций // Международные процессы. 2021. №1. С. 74-102.

26. Шлепаков В. Н., Наименко С. М., Билинец А. В. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.