

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки элементов кузова грузового автомобиля

Студент

В.С. Романенко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при выполнении ремонтных работ на несущих элементах кузовов грузовых автомобилей.

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

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

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

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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту несущих элементов кузова автомобиля.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки элементов кузова грузового автомобиля.	7
1.1 Конструкция условия работы и повреждения элементов кузова грузовых автомобилей.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления элементов кузова грузового автомобиля.	9
1.3 Описание операций базового технологического процесса.	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	20
2 Разработка проектной технологии ремонтной сварки.	21
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	21
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.	25
2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки.	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков	34
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	35
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.	41

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	41
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	43
4. Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.	56

Введение

В настоящее время отечественный производитель сталкивается с задачами, от успешного решения которых зависит существование и возможность дальнейшего развития автомобилестроения [2]. При этом приходится выполнять ряд противоречивых требований. Во-первых, мировая экологическая повестка заставляет повышать энергоэффективность предприятий и снижать металлоемкость продукции [13], [14], [15]. В тоже время отечественный производитель ограничен в заемных средствах, которые могут быть направлены на модернизацию производства. Во-вторых, на предприятиях России ощущается кадровый голод специалистов сварочного производства, сейчас происходит переходной момент в экономике, когда естественная убыль представителей старой технической элиты должна компенсироваться притоком новых кадров. В тоже время отечественные предприятия и научно-исследовательские центры испытывают недостаток финансирования научных разработок в области сварки, которые в основном носят фрагментарный характер [11], [26], [27]. В-третьих, экономическая и политическая конъюнктура ограничила доступ отечественного производителя к современным высокотехнологичным средствам производства, при этом перспектива дальнейшего усиления санкционного давления заставляет вообще отказываться от долговременных контактов с зарубежными поставщиками сварочного оборудования.

Кроме того, отечественный производитель находится в условиях жесточайшей конкуренции с западными и азиатскими производителями аналогичной продукции, качество которой зачастую выше, а цена из-за протекающих в России дефляционных процессов может оказаться даже ниже, чем продукция отечественного производства [23].

На основании вышеизложенного следует заключить, что для экономического прорыва, который был анонсирован Президентом в 2022 году на каждом направлении потребуется достижение, с первого взгляда,

противоречивой цели – одновременное повышение производительности и качества выпускаемой продукции при повышении экономической эффективности производства.

Применительно к сварке деталей кузова автомобиля решение поставленной цели возможно при одновременном проведении работ по трём принципиальным направлениям.

Первое направление предполагает развитие производственной базы, модернизацию сварочного оборудования и контрольно-измерительного оборудования. Применение новых систем управления, обеспечивающих качество сварки в условиях возмущений.

Второе направление предусматривает повышение культуры производства, подготовки поверхности деталей перед сваркой, повышение точности изготовления заготовок и сборки под сварку.

Третье направление предусматривает отработку сварочных режимов и поиск оптимальных параметров режима сварки.

На основании вышеизложенного следует сделать заключение об актуальности темы выпускной квалификационной работы и поставленной цели – повышение производительности и качества при ремонтной сварке элементов кузова грузового автомобиля.

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

1 Современное состояние ремонтной сварки элементов кузова грузового автомобиля

1.1 Конструкция условия работы и повреждения элементов кузова грузовых автомобилей

На рисунке представлена конструкция кузова полуприцепа грузового автомобиля, который предназначен для перевозки различных грузов, в том числе и металлического лома, сыпучих материалов и т.д.

Полуприцеп выполнен в виде открытой бортовой платформы, которая не имеет тентованной надстройки.

Основу каркаса кузова полуприцепа составляет профильная труба замкнутой формы сечением 100×100 мм с толщиной стенки 6 мм, профильная труба замкнутой формы сечением 80×80 мм с толщиной стенки 6 мм. В основании кузова полуприцепа лежит рама, выполненная из швеллера с высотой 100 мм и толщиной стенки 4,5 мм, толщиной полки 7,6 мм..

При этом основную нагрузку воспринимает конструкция рамы, которая включает в себя два лонжерона длиной 5 метров и 6 поперечин длиной 2,4 метра.

Рама полуприцепа кузова служит для крепления на ней агрегатов и обеспечивает жесткость кузова.

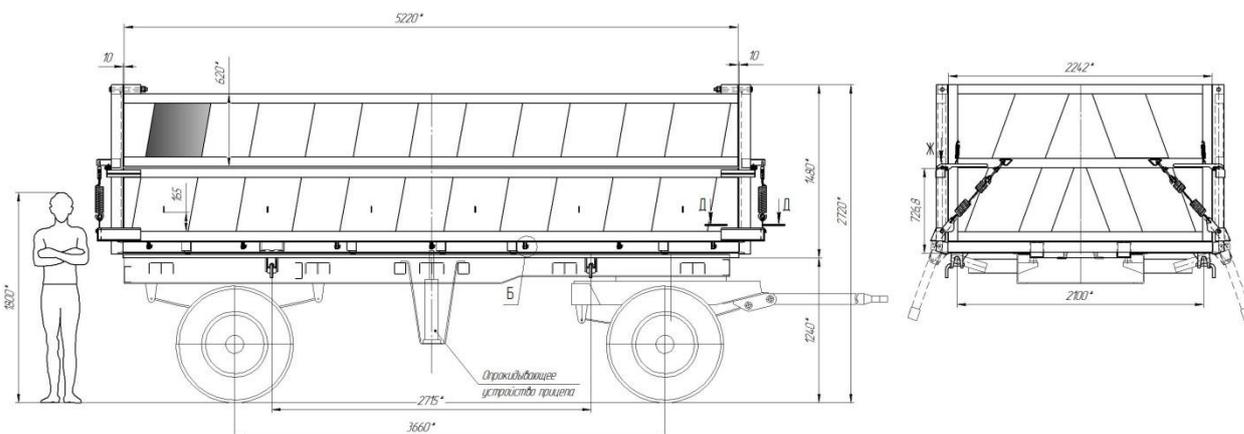


Рисунок 1 – Кузов полуприцепа самосвала

К конструкции рамы полуприцепе предъявляются особые требования по обеспечению геометрии в процессе работы. Рама должна упруго сопротивляться кручению и жестко сопротивляться изгибающим усилиям.

В процессе эксплуатации кузова полуприцепа в его раме возникают повреждения, связанные с действием ударных и знакопеременных нагрузок. В результате действия этих нагрузок появляются трещины и изломы.

На рисунке 2 представлен поперечный излом лонжерона, этот дефект характерен для рассматриваемой конструкции.



Рисунок 2 – Поперечный излом швеллера лонжерона

Признаком наличия трещины является скопление пыли, грязи, инея и ржавчины в месте её образования. Кроме трещин на раме могут присутствовать коррозионные повреждения, которые наиболее ярко проявляют себя в местах некачественной окраски после проведения ремонтных работ.

Недопустимыми рамы являются трещины и изломы, которые переходят с горизонтальной полки на вертикальную стенку лонжеронов и поперечин. Также не допускаются трещины в узлах сочленения. Любая продольная трещина длиной более 300 мм также недопустима. Если трещина проходит хотя бы через одно конструктивное отверстие, то она также является недопустимой.

Ремонтная сварка в условиях эксплуатации кузовов полуприцепов затруднена, так как отсутствует возможность проведения сварочных работ при разобранном изделии. Сварка проходит в стеснённых условиях и выполняется на труднодоступных местах. Зачастую приходится вести сварку в вертикальном и потолочном положении.

1.2 Сведения о материале для изготовления элементов кузова грузового автомобиля

При изготовлении элементов кузова грузовых автомобилей обычно не применяется низкоуглеродистая сталь обычного качества. Требования к сочетанию прочности и сниженной массы автомобиля делают необходимы применение низколегированных качественных сталей.

В таблице 1 представлены стали, которые нашли применение для изготовления несущих конструкций грузовых автомобилей различных производителей [3].

Таблица 1 – Применяемые при производстве несущих конструкций грузовых автомобилей стали

Модель автомобиля	Сталь	Относительное удлинение	Предел текучести	Предел прочности
КрАЗ	12ГС	18 %	36 кгс/мм ²	50 кгс/мм ²
	15ХСНД	21 %	35 кгс/мм ²	50 кгс/мм ²
Урал	10ХСНД	19 %	40 кгс/мм ²	55 кгс/мм ²
КамАЗ	15ГЮТ	17 %	48 кгс/мм ²	34 кгс/мм ²
МАЗ	19ХГС	18%	40 кгс/мм ²	55 кгс/мм ²
	10ХСНД	19 %	40 кгс/мм ²	66 кгс/мм ²
МАС (США)	VAN-80	15 %	82 кгс/мм ²	90 кгс/мм ²

Сталь, которая применяется для изготовления лонжеронов грузовых автомобилей, должна обладать вязкостью при температуре -70 °С равной 3 кгс·м/см². Твёрдость стали должна быть на уровне НВ 280...330. Сталь должна обладать хорошей штампуемостью и свариваемостью. От ней требуется иметь низкую чувствительность по отношению к концентраторам напряжений.

Для изготовления рассматриваемой в настоящей выпускной квалификационной конструкции применяется сталь 10ХСНД.

Содержание химических элементов в стали приведено в таблице 2. Применение этой стали позволяет существенно снизить металлоёмкость

строительных конструкций и повысить их эксплуатационные свойства при использовании в условиях Севера [16].

Применение стали 10ХСНД позволяет получить существенно большую вязкость по сравнению с другими сталями. Также удаётся сочетать невосприимчивость к концентраторам напряжений, высокую прочность и коррозионную стойкость.

В работе [25] показано, что при выполнении сварной конструкции из стали 10ХСНД и при ремонтной сварке следует применять электроды Э50А или Э55. Для того, чтобы уменьшить количество этих структур требуется назначать такие параметры режима сварки и придерживаться такой технике сварки, чтобы получать минимальный перегрев и закалку. Наиболее частыми дефектами при сварке являются горячие трещины, поры и непровары.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 10ХСНД

Марка стали	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
10ХСНД	<0,12	0,30-0,60	0,17-0,37	0,07-0,12	<0,04	0,30-0,50	0,50-0,80	0,30-0,60

В таблице 3 представлен анализ влияния каждого элемента содержащегося в стали 09Г2С на свойства стали. Знаком «+» обозначено повышение элементом свойств, знаком «-» обозначено снижение элементом свойств, знаком «=» обозначено существенное снижение элементом свойств. Знаком «0» обозначается позиция, которая не зависит от содержания элемента в стали. Знаком «±» обозначено, если до определённого значения содержания элемента характеристика повышается, а дальнейшее увеличение содержания элемента вызывает снижение характеристики. Влияние различных элементов на свойства стали 09Г2С приведено в таблице 4.

Для того, чтобы устранить горячие трещины, сварку выполняют короткой дугой без поперечных колебаний. В случае обрыва дуги необходимо тщательно заправлять образующийся кратер. При этом запрещается выводить кратер на основной металл.

Таблица 3 – Влияние содержащихся химических элементов на свойства стали 10ХСНД

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

Таблица 3 – Влияние различных элементов на свариваемость

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

Горячие трещины при сварке конструкций из стали 10ХСНД появляются по причине пониженной деформационной способности металла в нагретом состоянии. Переход расплавленного металла из жидкого состояния в твёрдое сопровождается уменьшением его объёма и образованием растягивающих напряжений. Сниженная деформационная способность нагретого металла приводит к растрескиванию в результате действия этих напряжений. Следует учитывать, что термическая обработка сварного шва не снижает вероятности получения горячих трещин, а наоборот, может привести к её повышению. Также вероятность образования горячих трещин существенно зависит от особенностей конструкции, так как различные её элементы могут играть роль концентраторов напряжений и способствовать образованию горячих трещин. Также следует соблюдать назначенные параметры режима сварки и технику сварки. При высокой скорости сварки вероятность образования горячих трещин повышается.

Непровары при сварке конструкций из стали 10ХСНД образуются по причине недостаточной погонной энергии при сварке, что вызывается малой величиной сварочного тока и завышенной скоростью сварки. Неправильная разделка кромок также может стать причиной образования непроваров. При выполнении многопроходных швов для предотвращения образования непроваров требуется проводить тщательную зачистку валиков.

Для того, что при сварке конструкций из стали 10ХСНД снизить вероятность образования пор, следует проводить пооперационный контроль качества, в ходе которого необходимо своевременно обнаруживать дефектные участки и исправлять их. Повышенная скорость сварки может вызвать порообразование. Также при сварке электродами большого диаметра вероятность получения пор увеличивается. Необходимо тщательно придерживаться технологии прокалки сварочных электродов.

На основании вышеизложенного следует заключить, что при построении технологии ремонтной сварки рассматриваемой конструкции следует обоснованно задавать оптимальные параметры режима сварки.

1.3 Описание операций базового технологического процесса

Ремонтная сварка несущих конструкций кузова проводится с применением ручной дуговой сварки. В качестве источника питания применяется сварочный инвертор DC 250.33 производства НПП «ТехноТрон», который представлен на рисунке 3. Также для проведения сварки применяются сварочные кабели, держатели и оснастка.



Рисунок 3 – Сварочный инвертор DC 250.33 производства НПП «ТехноТрон»

Для выполнения ремонтной сварки могут быть применены электроды, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры прокаливания электродов в зависимости от их марки

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

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается случай ремонта несущей конструкции кузова, которая имеет поперечный

излом, представленный на рисунке 2. В этом случае выполняют соединение двух частей несущего швеллера через ремонтную вставку.

Предварительно вырезают дефектное место на ширину распространения трещины плюс 5...10 мм в каждую сторону. Далее изготавливают ремонтную вставку из швеллера того же материала и сортамента, что и швеллер ремонтируемого лонжерона.

Для выполнения ремонтного сварного соединения следует выполнить разделку кромок типа С17, которая представлена на рисунке 4.

Для вырезки дефектного места и разделки кромок применяется строгач Arcir K-3000, представленный на рисунке 5. Для питания строгача применяется выпрямитель ВД-353, представленный на рисунке 6. При строжке используют постоянный ток обратной полярности, строжку ведут угольным электродом диаметром 10 мм, сила тока составляет 400...450 А, скорость строжки составляет 300...400 мм/мин.

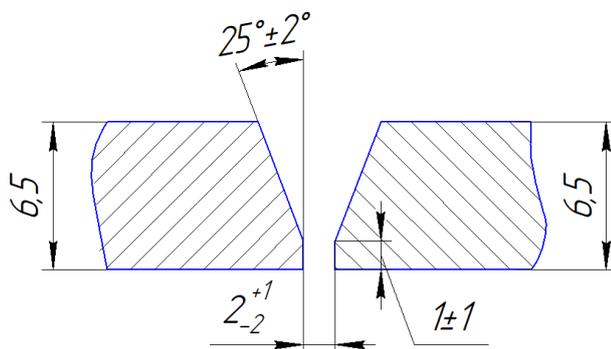


Рисунок 4 – Разделка кромок типа С17 при ремонте лонжерона



Рисунок 5 – Воздушно-плазменный строгач К300

После вырезки дефектного места и разделки кромок проводят зачистку с применением угловой шлифовальной машинки МШУ 1,8-230, представленной на рисунке 7. До металлического блеска зачищается основной металл на ширину 25 мм в обе стороны от разделки.



Рисунок 6 – Выпрямитель сварочный ВД-252



Рисунок 7 – Угловая шлифовальная машинка МШУ 1,8-230

Параметры режима ручной дуговой сварки при выполнении ремонтной сварки приведены в таблице 5. Сварку выполняют в два прохода. Перед выполнением второго слоя следует выполнить очистку предыдущего слоя сварного шва от шлаковых корок. После заполнения разделки удаляют наплывы и шлак и выполняют подварку корня шва с обратной стороны.

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

Таблица 5 – Значения параметров режима ремонтной сварки

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

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

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

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

Следует принимать во внимание, что дополнительные сварные швы на несущих конструкциях кузова становятся концентраторами напряжений, как показано на рисунке 8.

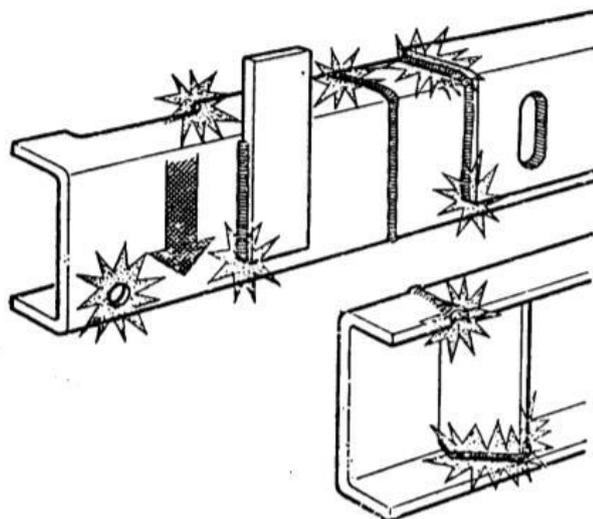


Рисунок 8 – Характерные концентраторы напряжений при ремонтной сварке лонжерона кузова

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

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

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

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

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

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

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

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

Причинами возникновения дефектов в сварных соединениях могут быть:

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

При всех видах ремонта не допускаются:

- дефекты в виде трещин;
- отклонения в размерах швов в сторону увеличения более чем на 2 мм;
- отклонения в размерах швов в сторону уменьшения за исключением случаев, особо оговоренных нормативно-технической документацией (НТД);
- волнистость шва более 2 мм или наличие резких переходов от одного сечения шва к другому;
- дефекты в виде несплавлений по кромкам, наплывы, прожоги и кратеры;

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

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

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

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

Как показывает практика и результаты литературного обзора, привариваемая усиливающая накладка становится источником образования новых повреждений в ремонтируемой конструкции и не оправдывается с точки зрения сопротивляемости конструкции усталостным разрушениям.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе преследуется цель – повышение производительности и качества при ремонтной сварке элементов кузова грузового автомобиля.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки и приварку усиливающей накладки. Для достижения поставленной цели в выпускной квалификационной работе предстоит решить ряд задач.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки, при этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является составление проектной технологии сварки. необходимо дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции, назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

Четвёртой задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда [2], [5].

Пятой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство [9], [10].

Первая, вторая и третья задачи будут решены во втором разделе выпускной квалификационной работы, который является исполнительским [8]. Четвертая и пятая задачи будут решены в третьем и четвёртом разделах, которые являются оценочными.

2 Разработка проектной технологии ремонтной сварки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Построение проектного технологического процесса ремонтной сварки требует обоснования выбора способа сварки, который должен проводиться на основе анализа преимуществ и недостатков альтернативных вариантов [6], [18].

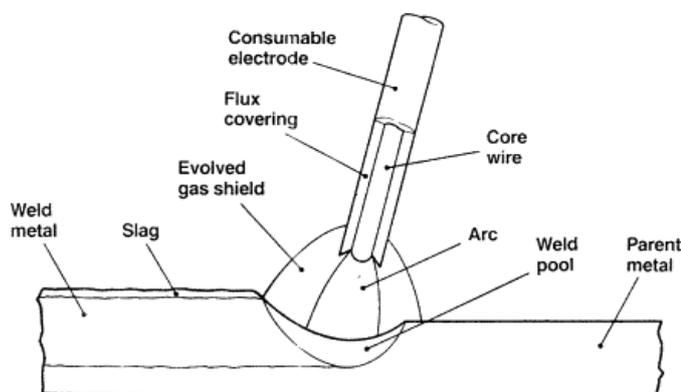
Ремонтная сварка рассматриваемой в выпускной квалификационной работе рамной конструкции кузова грузового автомобиля может быть выполнена с применением таких способа сварки, как:

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

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, остаётся самым востребованными распространённым способом при ремонте металлических конструкций различного назначения в условиях, отличных от производственных [24]. Основным преимуществом ручной дуговой сварки является максимальная простота и дешевизна оборудования для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки. Также следует принимать во внимание, что на предприятии, проводящем сварочные работы, уже имеется оборудование для ручной дуговой сварки, поэтому построение проектной технологии с использованием этого способа сварки не потребует приобретения нового оборудования. При построении технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требуется освоения специальных навыков и получения специальных знаний, персонал уже подготовлен. Кроме того, этот способ является самым мобильным, позволяет вести сварочные работы в любом пространственном положении шва.

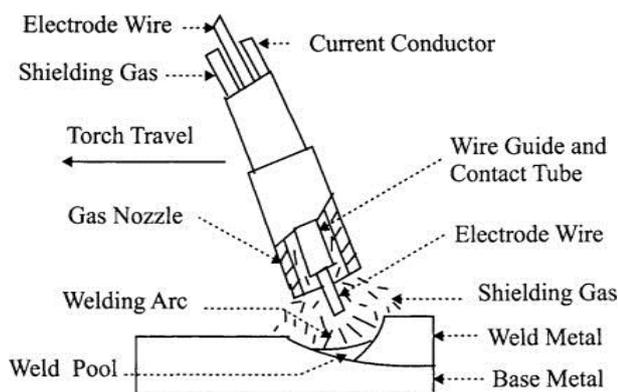
В настоящее время в мире наблюдается тенденция перехода от ручной дуговой сварки к механизированным способам сварки, что проявляется на рынке сварочного оборудования и сварочных материалов. При этом в качестве альтернативы ручной дуговой сварке выступают сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и сварка порошковой проволокой [4], [12], [13], [14], [15].

На рисунке 10 представлена схема выполнения механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах.



core wire – металлический сердечник, consumable electrode – плавящийся электрод, flux covering – покрытие электрода, arc – сварочная дуга, weld pool – сварочная ванна, parent metal – основной металл, evolved gas shield – защитная газовая оболочка, slag – шлак, weld metal – наплавленный металл

Рисунок 9 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

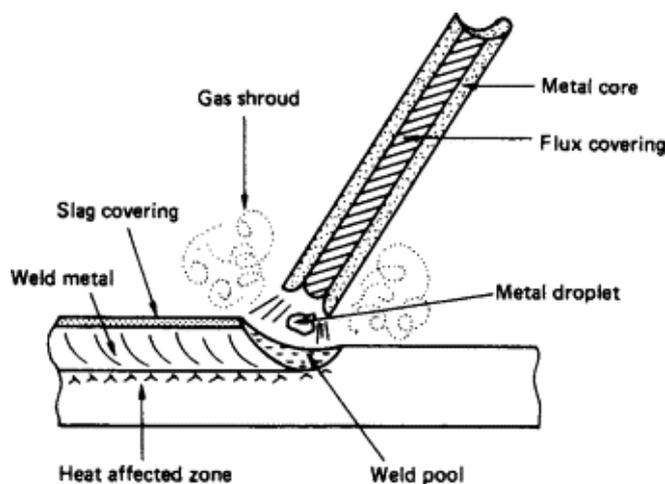


electrode wire – электродная проволока, current conductor – токоподвод, shielding gas – защитный газ, torch travel – направление сварки, wire guide and contact tube – контактный наконечник, welding arc – сварочная дуга, shielding gas – защитный газ, weld metal – наплавленный металл, base metal – основной металл, weld pool – сварочная ванна

Рисунок 10 – Схема выполнения механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

В качестве преимущества этого способа сварки следует указать, что при сварке не происходит образования шлаковой корки, в результате существенно повышается производительность процесса, особенно при выполнении многослойного шва. Проволока сплошного сечения имеет повышенную стойкость против заломов, что выгодно отличает этот способ сварки от сварки порошковой проволокой. При сварке в защитных газах улучшаются условия труда сварщика.

При сварке порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 11, применяется такое же оборудование, что и для сварки проволокой сплошного сечения. При сварке порошковыми проволоками удаётся получить сочетание положительных качеств ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах [22], [28].



metal core – металлическая оболочка, flux covering – флюсовый наполнитель, metal droplet – капля электродного металла, gas shroud – защитная газовая оболочка, weld pool – сварочная ванна, slag covering – шлаковая корка, weld metal – наплавленный металл, heat affected zone – зона термического влияния

Рисунок 11 – Схема выполнения сварки порошковой проволокой

Главным недостатком сварки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва.

На основании работ [6], [18] обоснование выбора способа сварки может быть проведено с использованием оценочных критериев, в качестве которых принимают: условия труда сварщика (условный номер критерия – 1), стоимость применяющихся сварочных материалов (условный номер критерия – 2), стабильность качества выполняемых соединений (условный номер критерия – 3), мобильность способа при работе в условиях монтажа и полевого ремонта (условный номер критерия – 4), стоимость и сложность применяемого сварочного оборудования (условный номер критерия – 5), производительность способа ремонтной сварки (условный номер критерия – 6).

В таблице 6 представлены выставленные экспертные оценки для каждого рассмотренного способа ремонтной сварки.

Таблица 6 – Экспертная оценка по критериям рассматриваемых способов ремонтной сварки

Способ	Номер критерия оценки					
	1	2	3	4	5	6
ММА	1	2	1	3	3	1
MAG	3	3	3	1	1	2
Порошковой проволокой	2	1	2	2	2	3

На основании выставленных экспертных оценок для каждого способа оценим показатель эффективности применения способа как сумму оценок по каждому критерию. Ручная дуговая сварка (ММА) получила в сумме 11 баллов. Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения (MAG) получила в сумме 13 баллов. Механизированная сварка порошковой проволокой получила в сумме 12 баллов.

На основании проведенного анализа для построения проектной технологии ремонтной сварки предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Для этого способа сварки в дальнейшем потребуются предложить мероприятия по повышению эффективности и устранению недостатков способа.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Начиная с середины прошлого века в мире велись интенсивные разработки в области повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Значительных успехов удалось добиться за счёт управления переносом электродного металла [7]. Для этого предлагается несколько технологических решений. Первое решение предусматривает применение газовых смесей, позволяющих повысить стабильность переноса электродного металла и формирование сварного соединения. Второе решение предлагает применить импульсное управление горением сварочной дуги за счёт регулирования в процессе сварки энергетических параметров (ток, напряжение) [1], [19], [20].

Представленная на рисунке 12 влияния основных технологических факторов на характер переноса электродного металла позволяет выбрать направления для дальнейшего совершенствования процесса сварки.

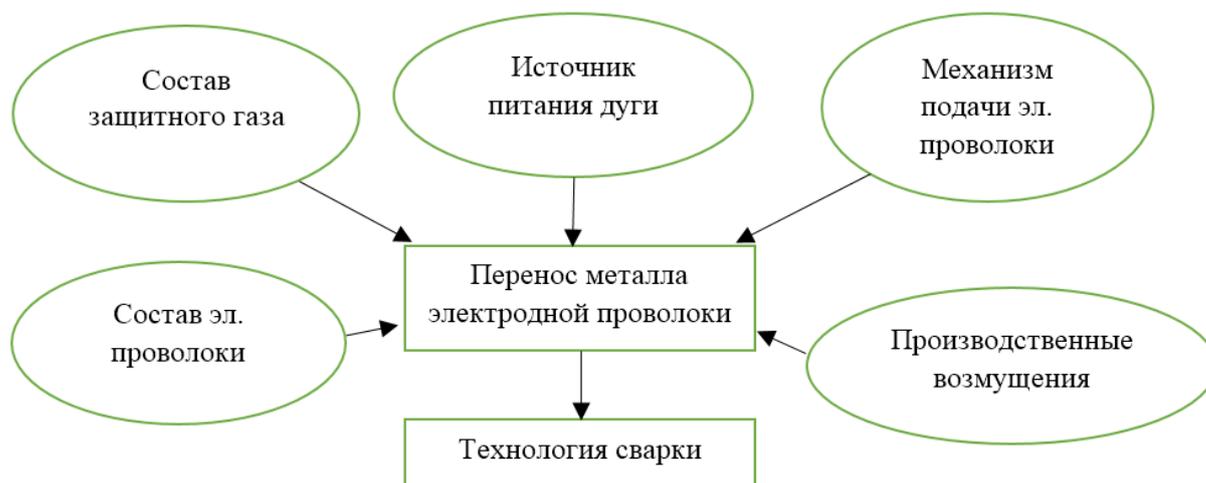


Рисунок 12 – Основные технологические факторы, определяющие характер переноса электродного металла при сварке

За счёт применения импульсного управления сварочной дугой происходит повышение эффективности сварки, при этом возникает ряд положительных эффектов.

Первым эффектом является снижение потерь электродного металла на разбрызгивание и угар. Сварочная дуга горит стабильно, что позволяет избежать разбрызгивания и улучшить внешний вид соединений.

Вторым эффектом является высокая стабильность горения сварочной дуги в различных положениях. Это особенно важно при выполнении ремонтной сварки.

Третьим эффектом является повышение проплавляющей способности дуги, что позволяет формировать корневой слой шва с лучшим качеством. Также сварка в узкую разделку может быть выполнена с более высоким качеством, чем в случае применения сварки без импульсного управления.

Четвёртым эффектом является улучшение протекающих металлургических процессов в сварочной ванне, что позволяет сформировать оптимальную структуру металла сварного шва и малую зону термического влияния. Это существенно повышает эксплуатационные свойства сварных соединений, что особенно важно при ремонтной сварке.

На рисунке 13 представлена осциллограмма тока и напряжения при сварке с импульсным управлением.

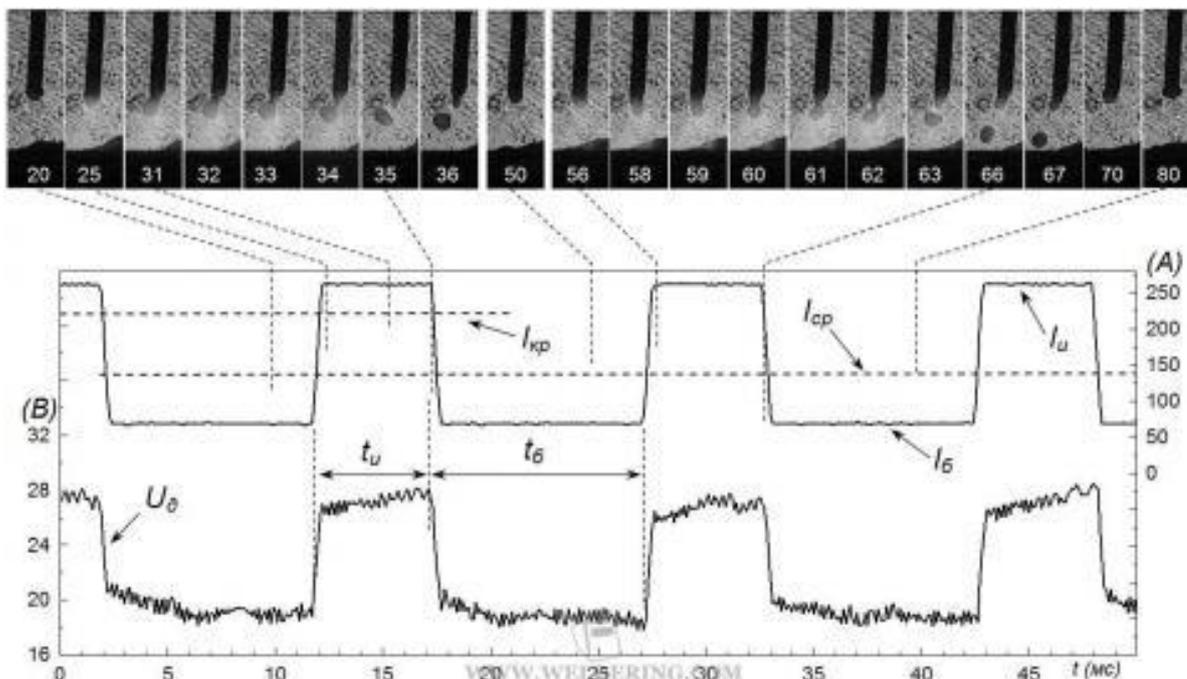
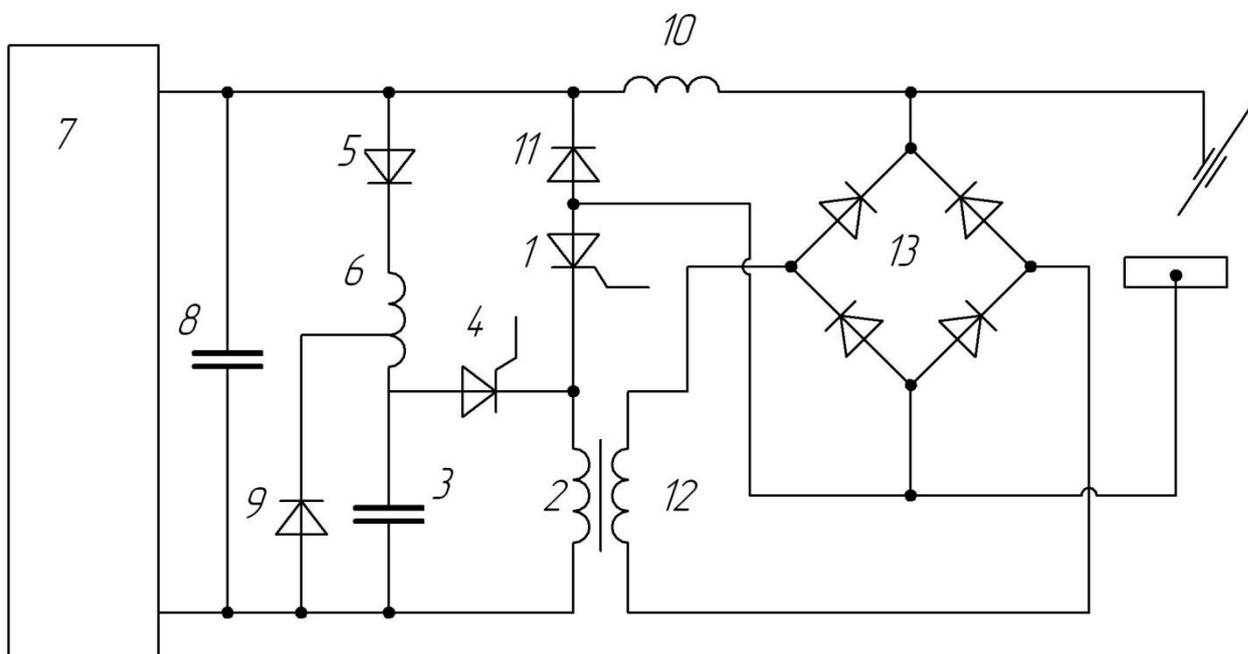


Рисунок 13 – Осциллограмма тока и напряжения при сварке с импульсным управлением

Для повышения эффективности сварки предлагается применить разработку отечественных исследователей-сварщиков [1], функциональная схема которой представлена на рисунке 14. В состав схемы входят: «силовой тиристор 1, коммутирующий дроссель 2, коммутирующий конденсатор 3, вспомогательный тиристор 4, диоды 5 и 9, зарядный дроссель 6, источник постоянного тока 7, конденсатор 8, последовательный дроссель 10, шунтирующий диод 11; дополнительная обмотка коммутирующего дросселя 12, диодный мост 13» [1].



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

Рисунок 14 – Функциональная схема импульсного источника питания

На рисунке 15 представлены осциллограммы тока и напряжения, которые формируются при сварке с применением предлагаемой схемы питания и управления. Горение дежурной дуги происходит в течение промежутка времени t_1-t_2 . При этом ток дежурной дуги лежит в диапазоне 15...40 А. Подача электродной проволоки при таком токе приводит к уменьшению длины дугового промежутка.

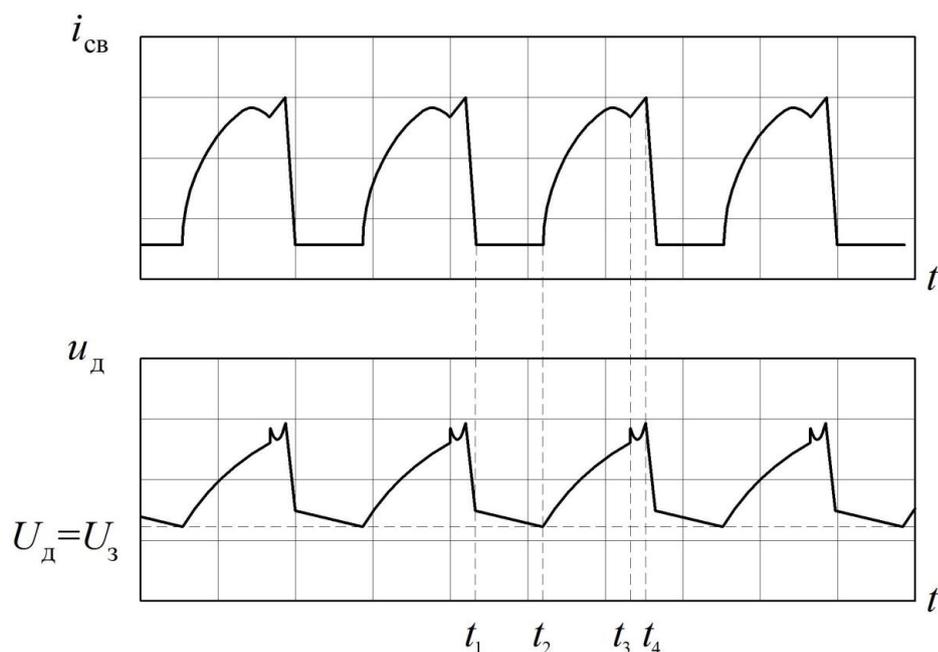


Рисунок 15 – Осциллограммы тока и напряжения

В момент времени t_2 подаётся импульс сварочного тока. Отрыв капли расплавленного металла происходит в момент времени t_3 . В промежуток времени t_3 - t_4 происходит дозирование энергии, которая расходуется на образование новой капли расплавленного металла на торце электродной проволоки.

2.3 Описание операций технологического процесса ремонтной сварки

Предварительно вырезают дефектное место на ширину распространения трещины плюс 5...10 мм в каждую сторону. Далее изготавливают ремонтную вставку из швеллера того же материала и сортамента, что и швеллер ремонтируемого лонжерона.

В базовом варианте технологии применяли воздушно-плазменную строжку, которая требовала выполнения последующей зачистки. В проектном варианте для резки деталей и подготовки кромок применим плазменную резку с использованием плазмореза Foxweld PLASMA 43, который представлен на рисунке 16



Рисунок 16 – Плазморез Foxweld PLASMA 43

После разделки следует провести зачистку основного металла до металлического блеска на ширину не менее 20 мм от разделки в обе стороны.

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

Параметры разделки представлены на рисунке 16. Применение импульсного правления при сварке позволяет повысить проплавляющую способность дуги и стабильность качества при сварке в узкую разделку. Исходя из этого предлагается уменьшить угол притупления кромок, что позволит, кроме всего прочего, увеличить производительность сварки и снизить количество расходуемой электродной проволоки.

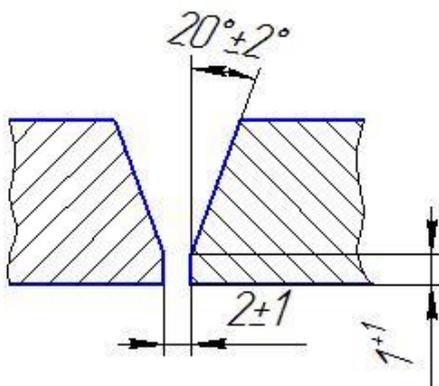


Рисунок 16 – Параметры разделки кромок по проектной технологии

Для подачи сварочной проволоки предлагаем применять механизм подачи МПК-4-2, представленный на рисунке 17-а. В качестве источника питания сварочной дуги применим выпрямитель ВДУ-3020, представленный на рисунке 17-б.



Рисунок 17 – Применяемое сварочное оборудование: механизм подачи МПК-4-2 (а) и выпрямитель ВДУ-3020 (б)

Для сварки применяется проволока Св-08ГСМТ сплошного сечения диаметром 1,4 мм, которая представлена на рисунке 18-а. Содержание химических элементов в проволоке приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Содержание химических элементов в проволоке Св-08ГСМТ

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



Рисунок 18 – Сварочные материалы: намотанные кассеты с омеднённой сварочной проволокой Св-08ГСМТ (а) и баллоны с защитным газом (б)

В работе [17] показано, что расширение технологических возможностей сварки в защитных газах проволоками сплошного сечения происходит при импульсной подаче сварочной проволоки. Применение для защиты зоны сварки смеси защитных газов позволяет уменьшить разбрызгивание и улучшить условия формирования шва.

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

Второй заполняющий и облицовочный слои шва выполняют по всей длине выборки за один проход. Сварку следует вести без перерывов одним сварщиком. Выполняют пооперационный контроль качества каждого слоя.

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

Контроль качества выполняется также как и в базовом варианте технологии. Геометрия сварного шва представлена на рисунке 19.

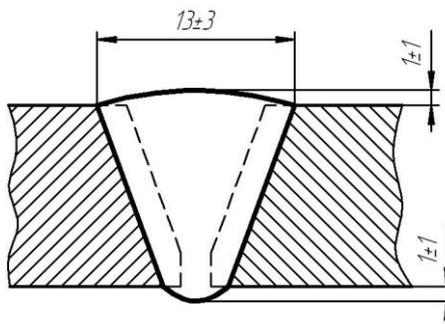


Рисунок 18 – Геометрия сварного шва

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

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [10] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [5].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [9], [10].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при выполнении ремонтных работ на несущих элементах кузовов грузовых автомобилей.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предлагается внедрить в производство разработки отечественных учёных-сварщиков. При этом повышается производительность работ, улучшается проплавливающая способность дуги, уменьшается разбрызгивание.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции и представлена в таблице 8. Первая операция – вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Вторая операция – разделка кромок. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Третья операция – сварка. Для осуществления применяется полуавтомат, сварочный выпрямитель, система подачи газа, формирователь сварочных импульсов, оборудование для подачи газа. Четвертая операция – контроль качества. Для её проведения применяется комплект для визуально-измерительного контроля и набор для цветной дефектоскопии.

Таблица 8– Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
Вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки	слесарь-сборщик	машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор	Абразивный круг, сжатый воздух
Разделка кромок	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор	Сжатый воздух
Сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	полуавтомат, сварочный выпрямитель, система подачи газа, формирователь сварочных импульсов, оборудование для подачи газа	Сварочная проволока, защитный газ
Контроль качества	дефектоскопист	комплект для визуально-измерительного контроля и набор для цветной дефектоскопии	-

Изменения в технологическом процессе, которые будут иметь место при внедрении предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений приводят к возникновению новых негативных производственных факторов, действие которых на персонал могут повлечь за собой вред физическому состоянию или порчу здоровья. Таким образом, возникающие негативные факторы должны быть идентифицированы и устранены.

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

В таблице 9 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки: шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектокоп, сборочное оборудование, оборудование для плазменной резки.

Таблица 9 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
Вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
Разделка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 8 данных. При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

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

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

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Решения по обеспечению безопасности производственного процесса представлены в таблице 10. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 10 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

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

Для индивидуальной защиты жизни и здоровья рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. Такими средствами являются: специальная одежда, резиновые коврики, перчатки, средства защиты дыхательных путей, защитные очки, защитные маски. Представленные в таблице 10 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 11.

На основании данных таблицы 11 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	шлифовальная машина, сварочное оборудование, дефектокоп, сборочное оборудование, оборудование для плазменной резки.
Классификация по виду горящего вещества	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 12 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 12 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. В таблице 13 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
Вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
Разделка кромок	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
Сварка	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
Контроль качества	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор

Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 14 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств. Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Таблица 14 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [6]
Гидросфера	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [6]
Литосфера	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [6]

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

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

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при выполнении ремонтных работ на несущих элементах кузовов грузовых автомобилей.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Вторая операция – разделка кромок. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Третья операция – сварка. Для осуществления применяется полуавтомат, сварочный выпрямитель, система подачи газа, формирователь сварочных импульсов, оборудование для подачи газа. Четвертая операция – контроль качества. Для её проведения применяется комплект для визуально-измерительного контроля и набор для цветной дефектоскопии.

Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности. В таблице 15 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 15 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	300	300
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	100 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	40	40
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [9]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

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

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

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

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

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

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

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

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

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

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

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

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

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

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

проектного варианта технологического процесса.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В таблице 16 представлена калькуляция заводской стоимости.

Данные, представленные в таблице 16, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

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

Таблица 16 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

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

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

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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

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

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

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3.б.} \quad (18)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

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

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

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

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

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

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

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

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

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

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

Повышение производительности P_T рассчитывается как

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г$ рассчитывается как

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

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

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

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при выполнении ремонтных работ на несущих элементах кузовов грузовых автомобилей.

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

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – вырезка дефектного места и подготовка ремонтной вставки. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Вторая операция – разделка кромок. Для её осуществления применяется машинка угловая шлифовальная, плазменный резак, плазматрон, компрессор. Третья операция – сварка. Для осуществления применяется полуавтомат, сварочный выпрямитель, система подачи газа, формирователь сварочных импульсов, оборудование для подачи газа. Четвертая операция – контроль качества. Для её проведения применяется комплект для визуально-измерительного контроля и набор для цветной дефектоскопии.

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

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

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

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

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

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

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

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по ремонту несущих элементов кузова автомобиля.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1007871 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для сварки / Пирожков Е. Д., Чумак Л. Ф., Анкудинов В. А. № 3357427/25-27, заяв. 19.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. 3 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Высоцкий М. С., Беленький Ю. Ю., Гилелес Л. Х.. Грузовые автомобили. М.: Машиностроение, 1979. 384 с.
4. 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.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
7. Карасев М. В., Вышемирский Е. М., Беспалов В. И. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 38–41.
8. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
9. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
10. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
11. Ленчик И.В., Родионова И.Н., Горохов А.А. Проблемы и перспективы развития сварочного производства в России // Современные материалы, техника и технологии. 2016. № 1. С. 134–138.

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. Современный рынок сварочной техники Северной Америки // Автоматическая сварка. 2012. № 12. С. 48–50.

14. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития европейского рынка технологий соединения // Автоматическая сварка. 2015. № 8. С. 55–59.

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

16. Молева Д. А., Белозор М. Ю. Обоснование применения сталей для изготовления строительных конструкций // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. № 4. С. 28–31.

17. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е. А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2011. № 1 С. 35–36.

18. 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.

19. Патон Б. Е., Лебедев А. В. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 1988. № 11. С. 1–5.

20. 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.

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

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

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

24. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.

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

26. Суслов А.А. 15-я Юбилейная международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий «Welding/Россварка-2015» // Сварочное производство. 2016. № 1. С. 48–60.

27. Фролов В.А. Пилипенко Б.Г., Путятин Л.М., Арсеньева Н.В. Значение мониторинга сварочного производства для стратегического развития предприятий машиностроения // Сварочное производство. 2018. № 11. С. 52–59.

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