

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонтной сварки кузовов легковых автомобилей

Студент

И.С. Капорин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент А.Н. Москалюк

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

к.э.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## **Аннотация**

В качестве цели выпускной квалификационной работы было поставлено повышение производительности и качества при ремонте кузовов легковых автомобилей.

В исполнительской части выпускной квалификационной работы выполнены следующие задачи: подобраны режимы импульсной механизированной сварки для замены применяемого на предприятии в настоящее время способа; разработан технологический процесс сборки и импульсной механизированной сварки при ремонте дефектов кузова; разработать мероприятия, обеспечивающие защиту производственного персонала и окружающей среды от негативных производственных факторов; выполнено экономическое обоснование предложенных технических решений.

Структурно работа состоит из пояснительной записки объемом 55 страниц формата А1, 11ти рисунков, 15ти таблиц и графической части объемом 6 листов формата А1.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	6
1.1 Общая характеристика современных кузовов автомобилей .....	6
1.2 Оценка свариваемости материала автомобильного кузова. ....	9
1.3 Описание применяемого технологического процесса ремонта кузовов сваркой .....	11
1.4 Задачи работы.....	17
2 Разработка проектной технологии .....	19
2.1 Выбор способа сварки .....	19
2.3 Описание разработанного процесса ремонтной сварки.....	23
3 Безопасность и экологичность проектного технологического.....	26
процесса.....	26
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	26
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	27
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	29
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	30
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	32
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии .....	34
4.1 Исходная информация для выполнения экономической.....	34
оценки предлагаемых технических решений.....	34
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	36
4.3 Расчёт штучного времени.....	37
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии .....	39
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .....	44
4.6 Показатели экономической эффективности.....	47
Заключение .....	50

Список используемой литературы и используемых источников.....	51
---	----

## Введение

Несмотря на кажущуюся простоту, ремонт кузова автомобиля занятие достаточно сложное. Малые толщины, лакокрасочное покрытие, каждый дефект, нуждающийся в ремонте сваркой является строго индивидуальным и расположен случайным образом.

Преимущественно применяют ацетилено-кислородную сварку и механизированную сварку в среде углекислого газа. Дуговая сварка обладает такими положительными качествами, как большая концентрация энергии. Следовательно, зона термического влияния меньше, производительность при сварке выше. Однако малые толщины не позволяют в полной мере использовать положительные стороны данного процесса.

Повышение эффективности кузовного ремонта заставляет искать более эффективные способы сварки, позволяющие повысить производительность выполнения работ. Также необходимо повышение стабильности качества и бездефектности сварных соединений, что положительно скажется на последующем эксплуатационном ресурсе кузова в целом.

Поэтому новые разработки в области сварки материалов малых толщин применительно к кузовному ремонту являются актуальными.

В настоящее время усилия ученых-сварщиков сконцентрированы в области создания импульсных технологий. Их усилиями разработаны следующие разновидности данного способа: применение модулированного тока; применение пульсирующей дуги; применение импульсной технологии подачи присадочной проволоки. Каждый из перечисленных вариантов обеспечивает повышение производительности и качества ремонтной сварки. Следует лишь подобрать вариант обеспечивающий повышение производительности и качества ремонта при сравнительно небольших капитальных затратах.

Таким образом, цель работы – повышение производительности и качества при ремонте кузовов легковых автомобилей.

## **1 Анализ исходных данных и известных технических решений**

### **1.1 Общая характеристика современных кузовов автомобилей**

Предназначен кузов легкового автомобиля для крепления узлов и агрегатов, обеспечивающих как перемещение автомобиля, так и комфорт пассажиров [28]. Помимо указанного кузов обеспечивает определенные объемы для размещения пассажиров и груза, кузов до определенных пределов обеспечивает их безопасность. Также кузов воспринимает механические нагрузки и эксплуатационные воздействия продуцируемые узлами и агрегатами. На рисунке 1 показана схема наиболее распространенного несущего кузова.



Рисунок 1 - Несущий кузов автомобиля

Конструктивно такой кузов состоит из пола, среднего и заднего, боковин, сварных узлов моторного отсека, крыши, сварных узлов багажника. На кузов навешиваются двери, капот и крышка багажника, обеспечивающие

доступ вовнутрь пассажирам, возможность размещения груза и доступ к некоторым узлам и агрегатам.

Каждый элемент кузова, в свою очередь, состоит из штампованных деталей. Преимущественно, как было указано выше, применяется сталь толщиной 0,8 мм. Для деталей пола может быть применена сталь потолще [22].

Лицевые панели кузова штампуются на прессовом производстве из сталей марки 08 кп и 08Ю. Содержание химических элементов в стали 08кп отражено в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав стали 08 кп,% ГОСТ 1050-74 [2]

Углерод	Марганец	Кремний	Никель	Медь	Сера	Фосфор
0,05-0,11	0,25-,5	0,03	до 0,25	до 0,25	0,04	0,035

Помимо углерода сталь 08кп содержит элементы раскислители, кремний и марганец. Кремний и марганец растворяясь в феррите упрочняют сталь. Также сталь 08 кп содержит вредные примеси, серу и фосфор. Сера образует соединение FeS и вызывает красноломкость. Фосфор, растворяясь в феррите, вызывает хладноломкость стали. Основным компонентом стали, оказывающим решающее влияние на ее структуру и свойства, остается углерод. С увеличением содержания углерода твердость и прочность стали повышаются, а пластичность и ударная вязкость значительно снижаются. Поскольку большинство деталей кузова изготавливают методами холодной штамповки, то нам требуется пластичная сталь [29]. Поэтому применяем сталь, содержащую мало углерода.

Механические характеристики стали 08 кп показаны в Таблице 2.

Таблица 2 - Механические свойства стали 08 кп ГОСТ 1050-74 [2]

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
324	196	33	60

Сталь 08Ю относится к группе углеродистых качественных сталей, которые применяются при изготовлении деталей технологией холодной штамповки с

особо сложной и сложной вытяжкой. Содержание химических элементов в стали 08Ю отражено в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав стали 08Ю,% ГОСТ 9045-93.

Углерод	Марганец	Кремний	Никель	Алюминий	Сера	Фосфор
до 0,07	0,2-0,35	до 0,01	до 0,06	0,02-0,07	0,04	0,035

Помимо углерода сталь 08кп содержит элементы раскислители, кремний и марганец. Кремний и марганец растворяясь в феррите упрочняют сталь. Также сталь 08 Ю содержит вредные примеси, серу и фосфор, однако их содержание существенно меньше, чем в стали 08кп.

Механические характеристики стали 08 кп показаны в таблице 4.

Таблица 4 - Механические свойства листовой стали 08Ю толщиной 0,5-1,5 мм

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
255-350	205	34	60

В процессе эксплуатации автомобиля на кузов помимо механических факторов действуют атмосферные осадки, изменения температуры. При различного рода дорожных происшествиях на кузов действуют ударные нагрузки. Езда по дороге Особенно сложной представляется эксплуатация автомобиля в зимний период. Для улучшения сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием его обрабатывают различными химикатами. Преимущественно это смеси солей. Например в состав BIONORD UNIVERSAL включены хлориды кальция и натрия, карбамид и формиат натрия. Хотя в некоторые смеси добавляют ингибиторы, коррозионное воздействие на кузов автомобиля остается значительным.

Совместное воздействие всех вышеперечисленных факторов может привести к повреждению деталей кузов. Если повреждение затронуло помимо лакокрасочного покрытия непосредственно металл, может потребоваться технологический процесс сварки. При этом следует помнить,



что сам кузов сварной. Правда, на предприятии изготовителе при производстве кузова применяют контактную точечную сварку. При ремонтных работах применяют, как было указано в разделе Введение ацетилено-кислородную сварку и механизированную сварку в среде углекислого газа.

«Сварку применяют при разнообразных вариантах повреждения кузова. По размерам повреждений максимальные кузов получает при аварийных столкновениях. Наиболее опасны фронтальные столкновения или удары сбоку. При этом на кузов и его силовые элементы действуют значительные нагрузки, приводящие к деформациям, потере исходной геометрии отдельных панелей кузова и силовых элементов. Нарушается геометрия проемов дверей, отклоняются от первоначального положения стойки» [30].

«При незначительных по силе ударных нагрузках на кузов автомобиля могут возникнуть визуально не выявляемые деформации. Они проявляют себя заеданием при закрывании дверей, может нарушиться управляемость автомобиля. Точные значения деформаций для данного случая получаются при инструментальном контроле, на стендах и с применением калибров» [30].

Если возникшие в результате аварий повреждения кузова не в состоянии исправить жестианщик в результате рихтовки необходимой является замена деталей. Без выполнения сварочных работ в данной ситуации не обойтись.

Также сварочные работы необходимы если в результате развития коррозии повреждения развиваются до значительных по площади.

## **1.2 Оценка свариваемости материала автомобильного кузова.**

Оценим свариваемость материала автомобильного кузова. Свариваемость — это комплексная технологическая характеристика металлических материалов, зависящая от многих факторов. Основное общее

определение свариваемости установлено ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют» [1].

Основой применяемых на практике методов оценки свариваемости является анализ содержания химических элементов в соединяемом металле. Для применяемой в нашем случае стали 08кп содержание химических элементов отражено в таблице 1.

Существующие расчетные зависимости позволяют применительно к сталям рассчитать т.н. эквивалент углерода, и по его значениям определить, насколько успешно можно получить соединение сваркой.

Например, для применяемых в нашем случае стали 8кп указанный расчет можно выполнить по формуле согласно ГОСТ 27772-88

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После расчетов идет сравнение полученных значений показателя эквивалента:

если полученное значение показателя эквивалента углерода не более 0,2 сталь относится к группе хорошо свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода лежит в пределах 0,2...0,35 сталь относится к группе удовлетворительно свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода лежит в пределах 0,35...0,45 сталь относится к группе ограниченно свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода превышает 0,45 сталь относится к группе трудносвариваемых.

В Европе применяют для определения значений величины углеродного эквивалента зависимость:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (2)$$

Стандарты Японии предусматривают расчет по следующей зависимости:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14}, \quad (3)$$

Британский институт сварки предлагает для расчетов зависимость:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr + Mo + V}{10} + \frac{Ni}{15}, \quad (4)$$

Хорошо свариваемые стали при получении соединения не требуют подогрева до сварки и во время сварки. Также данные стали не требуют проведения термообработки после сварки.

Расчеты, выполненные по формуле (1) показывают, что эквивалент углерода составляет 0,26 при самом неблагоприятном варианте легирования, следовательно сталь относится к группе хорошо свариваемых.

### **1.3 Описание применяемого технологического процесса ремонта кузовов сваркой**

Первая операция применяемого на предприятии технологического процесса ремонта очистка кузова от загрязнений. Для очистки применяется аппарат высокого давления, OERTZEN E 500-30, рисунок 2.



Рисунок 2 – Аппарат высокого давления

Затем выполняют демонтаж узлов и агрегатов, препятствующих проведению кузовного ремонта [36]. При данной операции может применяться, в случае необходимости демонтажа габаритных и значительных по весу узлов специализированное оборудование. Если узлы и агрегаты расположены под днищем автомобиля – может быть применен автомобильный подъемник, рисунок 3.

При замене значительного по площади участка применяют следующее техническое решение [21]. Вначале выполняется разметка. Особенность ее заключается в том, что мелом или фломастером отмечают линию реза с запасом до другой панели. Величина запаса находится в пределах 15-20 мм. Варианты удаления дефектного участка могут быть разными. Можно применить кислородную резку. Можно применить механические методы

удаления, с помощью абразивного отрезного круга, способ обладает высокой производительностью, или применив ножницы по металлу.



Рисунок 3 – Подъемник для легкового автомобиля

Затем следует операция высверливания сварных точек дрелью, рисунок 4, и применяя в качестве инструмента плоскогубцы и тонкое зубило удаляют полосы. Последовательность действий при этом следующая. Металлической

щеткой удаляют лакокрасочное покрытие для точного выявления мест расположения сварных точек [35]. Затем керном указывают центр сварной точки. После чего выполняют операцию высверливания точки и удаления полосы. Полученные фланцы в некоторых случаях нуждаются в подрихтовке. После чего выполняется зачистка от загрязнений и обезжиривание уайт спиритом, ацетоном или иным органическим растворителем.



Рисунок 4 – Высверливание сварных точек

Подготовленный кузов для замены панели контролируется в несколько этапов. Вначале осматриваются фланцы на кузове. Они не должны содержать остатки лакокрасочного покрытия и загрязнения. Новая кузовная панель контролируется аналогичным образом.

Затем контролируется взаимная геометрия кузова и новой панели. Панель устанавливается на штатное место. Выполняется проверка совпадения геометрии. При отсутствии такового применяют рихтовочный молоток [37].

Также выполняется контроль присадочного материала, защитного газа, применяется углекислый газ.

После выполнения контрольных операций выполняется сварной шов. «Как правило, на авторемонтных предприятиях используют механизированную сварку в среде углекислого газа. К параметрам режима здесь относят:

- полярность и сила сварочного тока;
- напряжение на дуге;
- диаметр и скорость подачи присадочной проволоки;
- скорость сварки;
- расход углекислого газа» [11].

Для сварки дефектов кузова в среде углекислого газа на авторемонтных предприятиях применяют кремнемарганцовую проволоку марки Св-08Г2С, как правило омедненную. Химический состав данной проволоки показан в таблице 5, механические свойства наплавленного металла (валика) показаны в таблице 6.

Таблица 5 - Химический состав проволоки марки Св-08Г1С

Марка проволоки	Содержание элементов в %						
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Св-08ГС	0,05-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,2	0,25	0,03	0,03

Таблица 6 - Механические свойства металла шва, сваренного на низкоуглеродистой стали в углекислом газе

Материал электродной проволоки	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ МПа при темпер. в °С		$a_n$ после механического старения МПа
					-20	+20	
					СВ-08ГС	300	

Режимы сварки, таблица 7, призваны обеспечить формирование сварных соединений по ГОСТ 14771-76, при этом используется омеднённая сварочная проволока диаметром 0,8 мм Св08Г2С [40].

К сварочной проволоке предъявляются следующие требования: предельное отклонение диаметра от номинального допустимая овальность - 0,08 мм; на поверхности проволоки не допускается наличие: ржавчины, загрязнений, технологических смазок; проволока принимается техническим контролем предприятия.

Таблица 7 - Параметры режима механизированной сварки в углекислом газе на деталях толщиной 1 мм [6, 7]

№	Параметр режима сварки	Значение параметра
1	Сила сварочного тока, А	90...130
2	Напряжение на дуге, В	19...21
3	Скорость сварки, м/час	14...16
4	Расход газа, л/мин	8...10
5	Вылет сварочной проволоки, мм	5...10

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. Инструмент, применяемый при визуально-измерительном контроле лупа 4х, шаблон сварщика универсальный УШС-3 [39].

Для ремонтной сварки узлов кузова на предприятии применяется шланговый полуавтомат для дуговой сварки в среде защитных газов по методу (MIG/MAG) Сварог REAL MIG 200. На рисунке 5 показан общий вид полуавтомата. Сила сварочного тока для данного устройства находится в пределах 30-200 А. Вес устройства составляет 13 кг. Плюсом данного аппарата является встроенный механизм подачи присадочной проволоки. Это облегчает маневренность сварщика. Диаметр присадочной проволоки до 1 мм.

Полуавтомат Сварог REAL MIG 200 может применяться для ручной электродуговой сварки штучными электродами и для сварки порошковой



проволокой. Диаметр сварочных электродов при режиме сварки штучными электродами до 4 мм.



Рисунок 5 – Полуавтомат Сварог REAL MIG 200

#### 1.4 Задачи работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества ремонтных сварных соединений кузова легкового автомобиля и производительности ремонта.

При выполнении анализа состояния вопроса были рассмотрены операции типового технологического процесса сварки дефектов, выявлены и обозначены возникающие в процессе его реализации недостатки.

Недостатки применения ручной дуговой сварки проволокой сплошного сечения: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки [39].

На основании проведённого анализа сформулируем задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) обоснование выбора способа сварки;
- 2) предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- 3) составить проектную технологию ремонтной сварки.
- 4) оценить предлагаемые решения с точки зрения влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- 5) оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

## 2 Разработка проектной технологии

### 2.1 Выбор способа сварки

Вопросу повышения эффективности сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов посвящено множество исследований, начало которым положено работами Патона Б.Е., Дудко Д.А., Зарубы И.И., Потапьевского А.Г., Дюргерова Н.Г., Сараева Ю.Н., Князькова А.Ф [19].

При осуществлении способа дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах традиционно различают три формы переноса электродного металла: капельный, струйный, короткими замыканиями [23]. Многочисленные исследования посвящены вопросу повышения эффективности механизированной сварки, а именно, снижению разбрызгивания и увеличению производительности [24].

Горение дуги с импульсным управлением позволяет: успешно подавлять разбрызгивание электродного металла; существенно повысить проплавляющую способность дуги; гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров; уменьшить зону термического влияния; существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров [1].

Как показала практика использования импульсного управления сварочной дугой [20], структура сварных соединений выигрышно отличается от структуры, полученной при сварке стационарной дугой, рисунок 6 и рисунок 7.

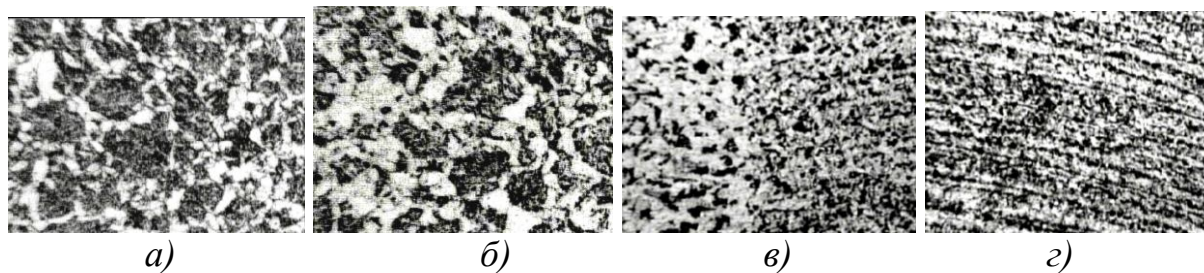


Рисунок 6 – Структура после стационарного режима сварки

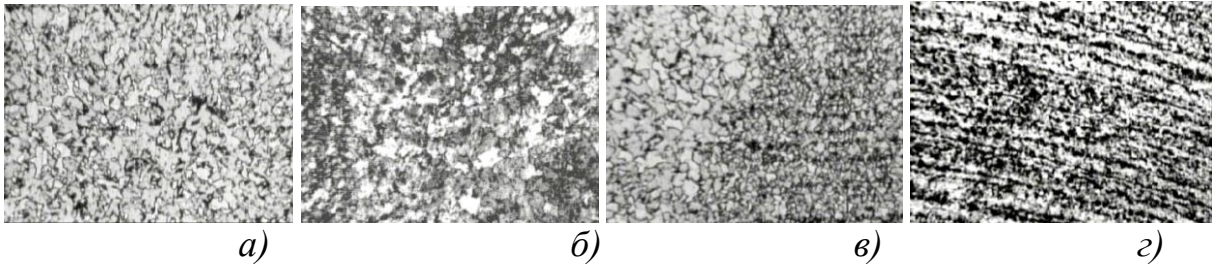


Рисунок 7 – Структура после импульсного режима сварки

Особенностями импульсной дуги, рисунок 8, рисунок 9, являются [10]:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;
- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;
- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

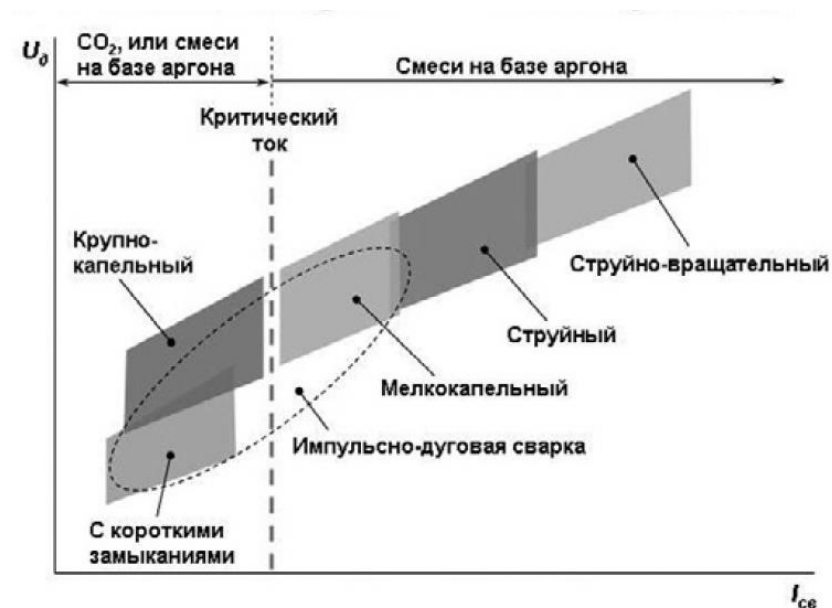


Рисунок 8 – Влияние параметров режима сварки на тип переноса металла

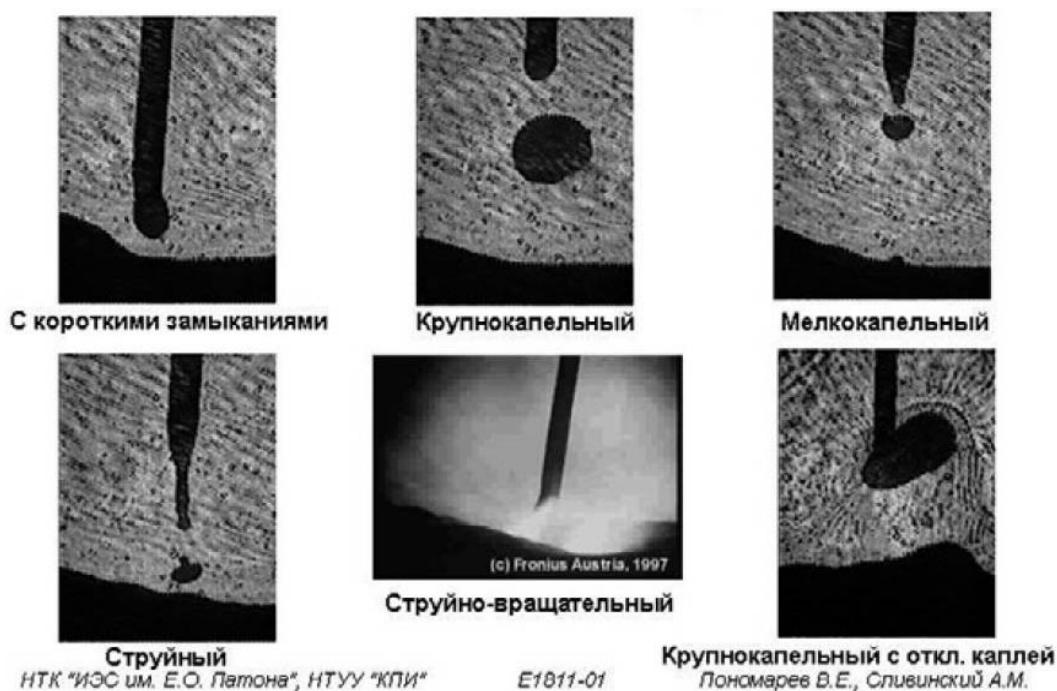
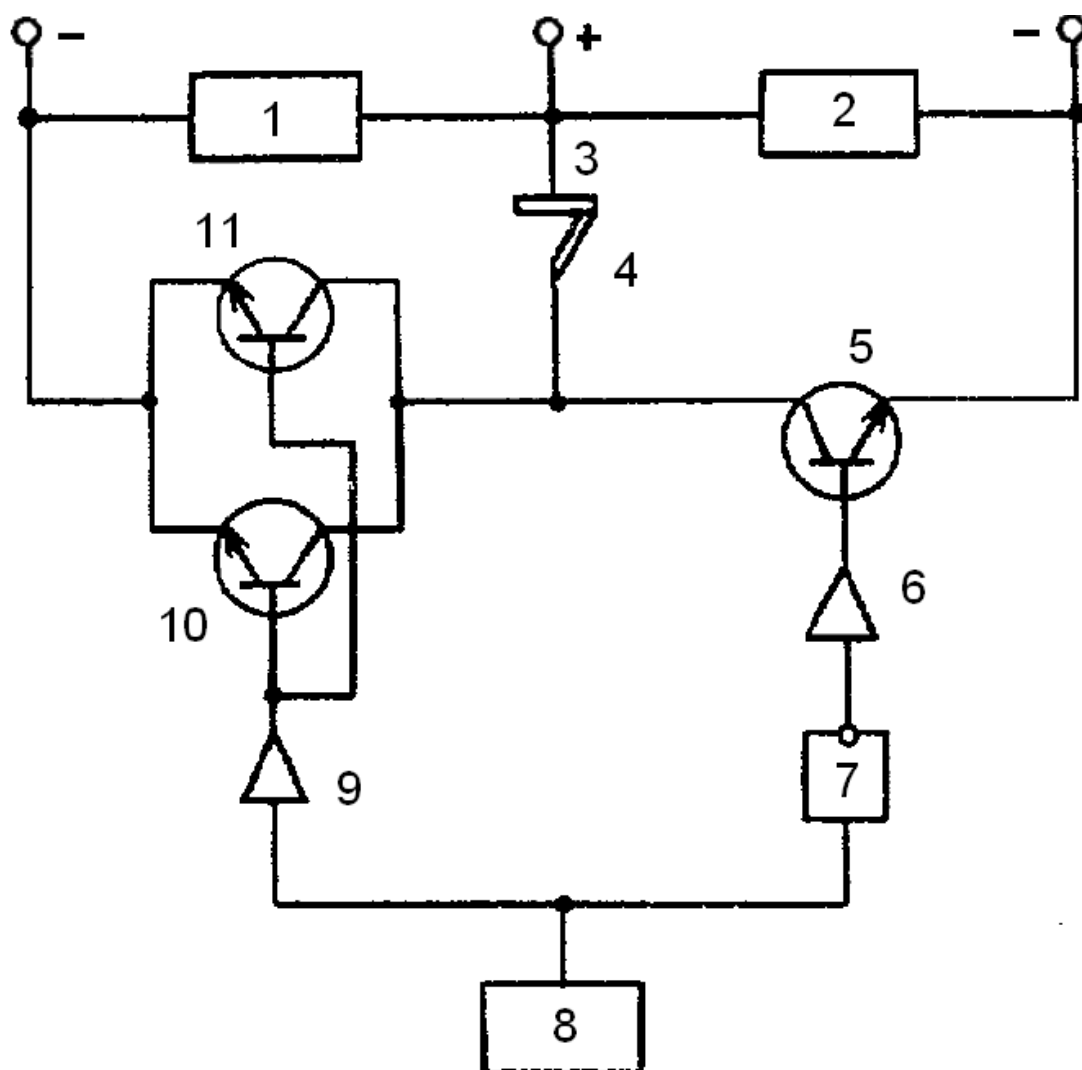


Рисунок 9 – Основные типы переноса металла при механизированной сварке

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах [41]. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [А.с. СССР № 1291322], рисунок 10. Данное устройство подключается к стандартному источнику питания сварочной дуги постоянного тока [25].

Сигналы с генератора импульсов 8 усиливаются усилителем мощности 9. Усиленный сигнал поступает на базы транзисторов 10 и 11 которые открываются. Также сигнал с выхода инвертирующего элемента 7 поступает на второй усилитель мощности 6 и далее на базу транзистора 5. Поскольку сигнал проходил через инвертирующий элемент он запирает транзистор 5. При этом ток сварки протекает через открытые транзисторы. 10 и 11 и достигает значений тока импульса. В момент паузы транзисторы 10 и 11 запираются и транзистор 5 отпирается, через него течет ток паузы.



1, 2 – сглаживающие фильтры; 3 – свариваемое изделие; 4 – электрод; 5, 10, 11 – транзисторы; 6, 9 – усилитель мощности; 7 – инвертирующий элемент; 8 – генератор импульсов.

Рисунок 10 – Устройство обеспечивающее импульсное управление дугой

Частота генератора может меняться от 50 до 300 герц.

Следовательно, определяем режим сварки. Частота следования импульсов 100 герц. Ток импульса 120 А, ток паузы 60 А. Придать различную длительность импульсам тока и импульсам паузы можно посредством изменения соответствующих характеристик генератора импульсов [26]. Продолжительность импульсов тока и импульсов паузы примем одинаковой [27]. Расход защитного газа принимаем 8 литров в

минуту. Для защиты сварочной ванны и перегретого металла применим газовую смесь (Ar 70% + CO<sub>2</sub> 30%). Напряжение на дуге принимаем 22 В [42].

### **2.3 Описание разработанного процесса ремонтной сварки**

Первая операция разработанного технологического процесса ремонтной сварки - мойка кузова. Для данной операции используется аппарат высокого давления, см. рис. 2. Следующей технологической операцией является удаление остатков лакокрасочного покрытия с фланцев деталей, граничащих с заменяемой. После выполнения данной операции контролер осматривает кузов и составляет технологическую карту его ремонта. Одна из особенностей кузовного ремонта заключается в том, что его повреждения являются уникальными и разработать единую для всех случаев технологию его ремонта сваркой нереально.

Проверяются вспомогательные сварочные материалы. Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы [4]. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки [15]. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской [16]. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов. Сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными.

«Замена кузовной панели осуществляется в несколько этапов. Вначале на поврежденной панели намечают линию среза по всему периметру карандашом или мелом. Линию намечают так, чтобы остались полосы

шириной 20-30 мм в местах приварки дефектной детали к другим панелям кузова. После чего срезают дефектную деталь абразивным отрезным кругом, ножницами по металлу. Запас удаляют выполнив высверливание сварных точек дрелью, см. рис. 4, и при помощи плоскогубцев и тонкого зубила удаляют полосы» [11]. Последовательность действий при этом следующая. Металлической щеткой удаляют лакокрасочное покрытие для точного выявления мест расположения сварных точек. Затем керном указывают центр сварной точки. После чего выполняют операцию высверливания точки и удаления полосы. Полученные фланцы в некоторых случаях нуждаются в подрихтовке. После чего выполняется зачистка от загрязнений и обезжиривание уайт спиритом, ацетоном или иным органическим растворителем [17].

Следующий этап – установка новой панели и тщательная подгонка по требуемой геометрии кузова.

Для сварки механизированной сварки (выполнение прихваток и швов малой протяжённости) применяется проволока сплошного сечения марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм [34].

Выполняют наложение сварных швов согласно технологической карте и по режимам указанным ранее [5]. Затем следует визуальный – измерительный контроль. В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. Инструмент, применяемый при визуально-измерительном контроле лупа 4х, шаблон сварщика универсальный УШС-3 [3].

При положительных результатах контроля и соответствии требований отремонтированного кузова нормативам он передается на операцию окраски, рисунок 11.





Рисунок 11 – Окраска отремонтированного кузова.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонтной сварке дефектов кузова автомобиля. Применяемый на предприятии технологический процесс предусматривает технологический процесс сварки посредством нагрева ацетилено-кислородным пламенем соединяемых кромок [18]. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки с применением источника питания сварочной дуги Сварог REAL MIG 200. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям [43].

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий [6]. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 6: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются линейка металлическая, штангенциркуль, карманный фонарик, маркер по металлу); 2) заготовительная операция (для выполнения операции применяются дрель электрическая, машинка угловая шлифовальная, молоток, зубило; 3) очистка мест сварки (для выполнения операции применяются щетка металлическая, ветошь, ацетон или иной органический растворитель); 4) сварка (для выполнения операции применяются сварочный источник питания, приставка, обеспечивающая поступление импульсов,

сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); 5) контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля).

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	линейка металлическая, штангенциркуль, карманный фонарик, маркер по металлу	Рукавицы
2) заготовительная	Слесарь-сборщик	Дрель электрическая, машинка угловая шлифовальная, молоток, зубило	Рукавицы
3) очистка мест сварки	Слесарь-сборщик	Щетка металлическая, ветошь	Рукавицы, ацетон.
4) ремонтная сварка	Электросварщик	сварочный источник питания, приставка	Рукавицы сварочная проволока, газовая смесь
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля	Рукавицы

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 7. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса [7]. «Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к

различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм».

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

«Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ»	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
2) заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дрель электрическая,</li> <li>- машинка угловая шлифовальная,</li> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
3) очистка мест сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги;</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- щетка металлическая;</li> <li>- ацетон.</li> </ul>

## Продолжение таблицы 7

1	2	3
4) ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный полуавтомат;</li> <li>- приставка;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>
5) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- набор визуально-измерительного контроля</li> </ul>

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек;</li> <li>2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности</li> </ul>	Спецодежда.
2) «движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования» [34];	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) «применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону» [34];</li> <li>2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек</li> </ul>	Спецодежда

## Продолжение таблицы 8

1	2	3
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
б) «инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации» [34];	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) «ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений» [34];	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) токсичность применяемых растворов №1 и №2	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара» [34]. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных

факторов такого пожара, таблица 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 10.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара [8]. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса [44].

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Наименование участка» [34];	«Наименование оборудования» [34];	«Классификация по виду горящего вещества»	«Наименование основных опасных факторов пожара» [34];	«Наименование вторичных опасных факторов пожара» [34];
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка кузова	Источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, кран стреловой, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [34].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [34].

Таблица 10 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 11.

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и ремонтной сварки дефектного кузова автомобиля (механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [34].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [34].

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов [9]. Выполним их идентификацию, таблица 12 и предложим меры защиты, таблица 13 от них.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

«Анализируемый технологический процесс» [34].	«Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса»	«Факторы, негативно влияющие на атмосферу»	«Факторы, негативно влияющие на гидросферу»	«Факторы, негативно влияющие на литосферу»
Ремонтная сварка кузова автомобиля, механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения)	«Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции»	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [34].	-	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный».



Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [34].

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

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки кузова позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня [38].

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

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). Предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности технологии ремонтной сварки кузова автомобиля применить современные достижения сварочной науки в области механизации процесса сварки [12]. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе полуавтомата Сварог REAL MIG 200. Это инверторный полуавтомат моноблочного типа [13].

Базовый вариант технологии предполагает использование технологии механизированной сварки. Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с применением приставки к источнику питания, обеспечивающей импульсную технологию сварки [31].

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки. Впоследствии сварные соединения днища эксплуатируются без образования сквозных дефектов большой срок.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки дефектного кузова автомобиля [14].

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициента доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Принятые значения коэффициента отчислений на дополнительную заработную плату	$K_d$	-	1,88	1,88
Принятые значения коэффициента отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Принятые значения коэффициента выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	15000	75000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
Принятые значения коэффициента нормы амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
Принятые значения коэффициента транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
Коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
Принятые значения коэффициента стоимости эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
Принятые значения коэффициента нормы амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
Коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
Принятые значения коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 14: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{\text{п}} = 1$  час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ .

Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

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

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

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

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

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

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

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва, коэффициента наплавки и величины сварочного тока.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_o = \frac{60 \cdot M_{напл.мет} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_{напл}}, \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

$$t_{машб} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,05 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

$$t_{машпр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,025 \text{ час} = 1,5 \text{ мин.}$$

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

$$t_{штб} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин} = 0,062 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,5 + 0,15 + 0,09 + 0,075 + 0,015 = 1,83 \text{ мин.} = 0,0305 \text{ час.}$$

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $P_r = 500$  дефектных кузовов в год.

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

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{F_э \cdot 60} \quad (5)$$

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

$$n_{об.расчетнб} = \frac{500 \cdot 3,72}{1812 \cdot 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{500 \cdot 1,83}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

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

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (6)$$

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

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012.$$

#### **4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии**

При получении сварных соединений для замены дефектных панелей кузова автомобиля требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии комбинированный технологический процесс сварки балки характеризуется расходом присадочной проволоки по способу MAG. Разработанный и предлагаемый к применению технологический

процесс импульсной сварки на базе способа MIG/MAG характеризуется расходом защитной смеси газов и сварочной проволоки.

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

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

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

$$3M_{\bar{o}} = 9,99 \text{ руб.}$$

$$3M_{np} = 15,66 + 0,55 = 6,21 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы  $Z_{осн}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента  $K_d$  доплат:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot k_{зпл} \quad (8)$$

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

$$Z_{оснБАЗ} = 0,060 \cdot 200 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$Z_{оснПР} = 0,03 \cdot 200 \cdot 1,79 = 4,55 \text{ руб.}$$

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

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



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

$$ЗПЛ_{\text{ДОПБАЗ}} = 10,23 \cdot 10 / 100 = 1,02 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{\text{ДОППР}} = 4,55 \cdot 10 / 100 = 0,45 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{\text{БАЗ}} = 10,23 + 1,02 = 11,25 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{\text{ПР}} = 4,55 + 0,45 = 5,00 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$O_{\text{СНБАЗ}} = 11,25 \cdot 30 / 100 = 3,37 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{СНПР}} = 5,00 \cdot 30 / 100 = 1,50 \text{ руб.}$$

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

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

Величина  $A_{\text{об}}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{\text{об}}$ , нормы амортизации  $H_{\text{а}}$ , машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , и эффективного фонда времени  $F_{\text{э}}$  с использованием зависимости [33]:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{E_{э} \cdot 100}. \quad (12)$$

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

$$A_{об}^Б = \frac{40000 \cdot 3,72 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 1,83 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,21 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{э}$  на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{уст}$ , цены электрической энергии  $C_{э}$  для предприятий, машинного времени  $t_{маш}$  и  $KПД$  оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} C_{э-э}. \quad (13)$$

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

$$Z_{э-ЭБАЗ} = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

$$Z_{э-ЭПР} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{об_{баз.}} = 0,24 + 0,77 = 1,01 \text{ руб.},$$

$$Z_{об_{проектн.}} = 0,21 + 0,63 = 0,84 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{об}} \quad (14)$$

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 11,25 + 3,37 + 1,01 = 25,62 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 6,21 + 5,00 + 1,50 + 0,84 = 13,55 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 25,62 + 1,5 \cdot 10,23 = 25,62 + 15,34 = 40,96 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 13,55 + 1,5 \cdot 4,55 = 13,55 + 6,82 = 20,37 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{ЗАВБаз.} = 40,96 + 1,15 \cdot 10,23 = 40,96 + 11,76 = 52,69 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 20,37 + 1,15 \cdot 4,55 = 20,37 + 5,23 = 25,60 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>М</i>	9,99	6,21
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	11,25	5,00
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	3,37	1,50
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,01	0,84
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	25,62	13,55
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	15,34	6,82
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	40,96	20,37
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	11,76	5,23
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	52,69	25,60

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об.б.}}$ , коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{з. б.}}$  рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з. б.}} \quad (17)$$

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

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

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

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5/100) = 8550 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,027 = 230 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 75000 \cdot 1,05 \cdot 0,012 = 945 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3750 = 4500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{общ. пр}} = 945 + 4500 = 5445 \text{ руб.}$$

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

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

$$K_{\text{доп}} = 5445 - 230 = 5215 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{П_{\text{Г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$K_{удБаз.} = 230/500 = 0,46$  руб./ед.;  $K_{удПроектн.} = 52154/500 = 10,43$  руб./ед.

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,062 - 0,030}{0,062} \cdot 100\% = 51\%$$

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 51}{100 - 51} = 104\%$$

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

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техБ} - C_{техПР}}{C_{техБ}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{25,62 - 13,55}{25,62} \cdot 100\% = 47\%$$

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

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

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

$$Э_{у.г.} = (52,69 - 25,60) \cdot 500 = 13545 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$T_{ок} = \frac{5215}{13545} \approx 0,5 \text{ года}$$

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

$$Э_{г} = Э_{уГ} - E_{н} \cdot K_{доп} \quad (31)$$

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

$$Э_{г} = 13545 - 0,33 \cdot 5215 = 11824 \text{ руб.}$$



При выполнении базовой технологии сборки и сварки дефектного кузова легкового автомобиля применяется механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде активных газов.

Недостатки применяемого на предприятии кузовного ремонта способа сварки: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки [32].

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с использованием приставки к источнику питания сварочной дуги обеспечивающей импульсный режим сварки.

Такая замена способа сварки при получении сварных соединений дефектных кузовов автомобилей позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 51%, повышение производительности труда на 104 %, уменьшение технологической себестоимости на 47%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 13545 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 11824 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение качества ремонтных сварных соединений кузова легкового автомобиля и производительности ремонта.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки балки применяется два способа сварки – механизированная среде активного газа и ацетилено-кислородная.

Наиболее приемлемым вариантом является механизированная в среде активного газа. В последнее время все чаще применяется вариант механизированной сварки с импульсных технологий.

При анализе возможных способов импульсной ремонтной сварки были рассмотрены: 1) сварка модулированным током; 2) сварка пульсирующей дугой; 3) импульсно-дуговая сварка; 4) сварка с импульсной подачей проволоки.

Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе импульсно-дуговой сварки.

Анализ патентных и литературных источников позволил определиться с необходимым оборудованием – приставка к стандартному источнику питания сварочной дуги, которая обеспечивает горение дуги импульсами.

Разработан технологический процесс ремонтной сварки кузова с использованием варианта импульсного горения сварочной дуги. Применение данного способа позволяет повысить производительность процесса и уменьшить количество брака.

Можно сделать вывод о достижении цели достижения цели работы

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П., Гладков Э.А., Бродягин В.Н., Кузнецов П.С., Копотева Е.Н., Шолохов М.А. Импульсные технологии управления каплепереносом при MIG/MAGсварке // Сварка и диагностика – 2014 - №3.
2. Алешин Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
3. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
4. Бабинец А.А., Рябцев И.А., Панфилов А.И. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
5. Быковский О.Г., Петренко В.Р., Пешков В.В. Справочник сварщика. М.: Машиностроение, 2011. – 336 с.
6. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИИ. 2000. 79 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
8. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2001. 206 с.
9. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России. 1995. 230 с.
10. Доронин О.Н. Разработка электроискровой технологии упрочнения прокатных валков из белого чугуна. Автореферат диссертации кандидата технических наук. М.: 2013. 22 с.
11. Дрягалин, М. А. Модернизация технологического процесса ремонтной сварки кузова автомобиля [Электронный ресурс] // Бакалаврская

работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 55 с.  
<https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/9835>

12. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

13. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. 280 с.

14. Жерносеков А.М. Влияние вылета электрода на параметры шва при импульсно-дуговой сварке сталей // Автоматическая сварка – 2004 - №8.

15. Зайцев К.В. Совершенствование технологии процесса ультразвуковой обработки поверхностей стальных деталей перед нанесением газотермических покрытий. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Тюмень. 2011. 19 с.

16. Землянушнова Н.Ю. Совершенствование технологии ремонта колец опорно-поворотных устройств // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. №4. С. 34

17. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.

18. Князьков А.Ф., Князьков В.Л. Исследование сварочно-технологических свойств покрытых электродов при сварке модулированным током // Сварочное производство – 2011 - №10 - С. 15-18

19. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.

20. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

21. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.

22. Крампит А.Г., Зернин Е. А., Крампит М. А. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки // Технологии и материалы : технический научно-производственный журнал. — 2015. — № 1. — 10 с.

23. Крюков, А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Технология машиностроения. 2013. № 7. С. 30—31.

24. Крюков, А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки. Автореферат диссертации кандидата технических наук. - Барнаул: 2008. – 19 с.

25. Лебедев, В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке // Сварочное производство – 2008 - №8 - С.11-15.

26. Лебедев В.А. Особенности сварки сталей с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2007 - №8 - С. 30-35.

27. Мозок, В.М. Дополнительные особенности технологии дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2010 - №2 - С. 34-38.

28. Мозок В.М., Лебедев В.А. Ремонт крупногабаритных деталей с использованием управляемой импульсной подачи электродной проволоки // Сварочное производство – 2007 - №6 - С. 31-34

29. Молодык Н. В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

30. 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.

31. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов // Сварочное производство – 2010 - №4 - С.27-28
32. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
33. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
34. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).
35. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
36. Черноиванов В.И. Голубев И.Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2010. 376 с.
37. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
38. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
39. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
40. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
41. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.

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

43. Malinov L.S., Malinov, L.V. Burova D.V., Anichenkov V.V. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.

44. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. 1971. № 6. P. 230–233.