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 Исследование коррозионной стойкости ремонтных сварных соединений кузова автомобиля

Студент А.К. Кузнецов _____
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

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

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение качества ремонтной сварки дефектных кузовов легковых автомобилей.

Для достижения поставленной цели решили следующие задачи:

1. Исследовали коррозионную стойкость сварных соединений кузова автомобиля, выполненных с учетом анализа литературных данных;

2. Разработали типовой технологический процесс ремонтной сварки с учетом результатов исследований коррозионной стойкости;

3. Проанализировали предлагаемую технологию на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;

4. Выполнили экономическую оценку варианта сварки, разработанного с учетом результатов исследований коррозионной стойкости.

Пояснительная записка содержит _50___ стр., __9__ рисунков, __5__ таблиц. Графическая часть работы содержит 4 листа формата А1 и 1 лист формата А0.

Для повышения качества ремонтной сварки дефектных кузовов легковых автомобилей выполнили исследования коррозионной стойкости образцов, выполненных разными способами. По результатам исследований предложено применить импульсную подачу проволоки. Разработана технология ремонтной сварки кузовов автомобилей с применением импульсной подачи проволоки.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка предложенных технических решений.

Содержание

Введение 5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений 7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации 7
1.2 Анализ свойств кузовных сталей 8
1.3 Анализ применяемой технологии ремонтной сварки 10
1.4 Анализ вариантов повышения коррозионной стойкости ремонтных сварных соединений 14
1.5 Задачи работы 16
2 Проектный технологический процесс ремонтной сварки 17
2.1 Разработка методики исследования 17
2.2 Проектная технология 21
4 Безопасность и экологичность проекта 25
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта 25
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений 26
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков 26
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. 27
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды 30
3.6 Заключение по разделу 31
4 Экономическая эффективность работы 32
5.1 Исходные данные для экономического обоснования 32
сравниваемых вариантов 32
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса 35
5.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам 37

5.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки 40
5.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых технических решений 49
5.6 Выводы по разделу 51
Заключение 52
Список используемых источников 53

Введение

На нашей планете сейчас около полутора миллиардов легковых автомобилей. Естественно, что обслуживание такого количества автомобилей, находящихся в эксплуатации требует передовых организационных и технических решений.

Важным элементом обслуживания автомобилей является кузовной ремонт. Этому есть следующие объяснения. Кузов является основным элементом автомобиля, так как на него устанавливают остальные узлы и агрегаты. Поскольку панели кузова соединены сваркой – можно отнести его к монолитным деталям. Кузов является наиболее повреждаемым узлом при дорожно-транспортных происшествиях. Повреждения кузова при дорожных происшествиях и эксплуатационные являются индивидуальными. Их сложно спрогнозировать и технологии их исправления с трудом поддаются механизации и автоматизации.

Доминирующим технологическим процессом при производстве кузовов в условиях автомобилестроительных предприятий является контактная точечная сварка. Если есть необходимость ремонтировать кузов с применением сварочных технологий, то здесь, как правило, используют сварку, основанную на использовании тепла дуги или газового пламени.

Если контактная сварка характеризуется малой областью термического воздействия на соединяемый металл, то дуговая сварка, и особенно газовая характеризуются большей площадью термического воздействия. Если ремонт выполняется на оцинкованных с целью протекторной защиты от коррозии панелях кузова, то в результате действия дуги или газового пламени покрытие из цинка повреждается. Последующие технологии окраски, как правило, не обеспечивают исходной (заводской) коррозионной стойкости отремонтированных участков кузова.

Однако современные присадочные материалы и источники питания сварочной дуги обеспечивают устранение характерных для дуговой сварки

недостатков, снижающих, в том числе, и коррозионную стойкость сварных соединений.

Однако прежде чем предложить практикам новые варианты ремонтных технологий требуется проведение исследований их коррозионной стойкости.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – повышение качества ремонтной сварки дефектных кузовов легковых автомобилей.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Конструктивно кузов автомобиля классифицируется на трехобъемные, двухобъемные и однообъемные. Например, на рисунке 1.1 показан двухобъемный кузов автомобиля. Для него характерным является выделенный объем под моторный отсек и пассажиры и багаж располагаются во втором отсеке. Наибольшее распространение получили трехобъемные кузова, в которых пассажиры и багаж располагаются порознь, в разных отсеках.

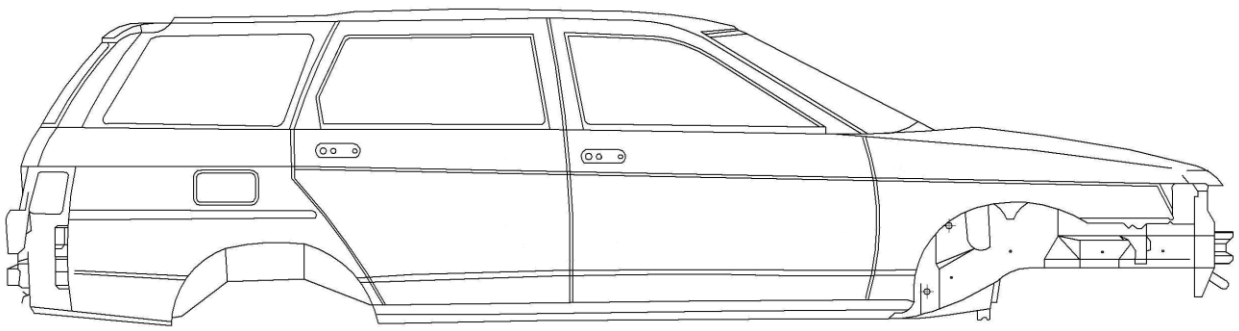

Рисунок 1.1 – Общий вид двухобъемного кузова

Основным материалом, из которого изготавливаются кузова современных автомобилей является низкоуглеродистая низколегированная сталь. Причем, толщина стальных листов сравнительно невелика, 0,75…1 мм. Поэтому для обеспечения жесткости кузова в его конструкции широко применяют коробчатые сечения. С другой стороны наличие подобного рода скрытых полостей является проблемой при нанесении защитных покрытий. Кроме того, в условиях эксплуатации подобного рода скрытые полости нуждаются в отверстиях для антикоррозионной обработки и требуют обеспечения вентиляции для удаления накопившейся там влаги.

Повреждения кузова при эксплуатации возникают по разным причинам. Возможно появление трещин в кузовных панелях. Причиной их возникновения является превышение предусмотренной величины

эксплуатационных воздействий. Коррозионные повреждения развиваются постепенно, и при отсутствии своевременной реакции могут достичь параметров, когда для ремонта потребуется замена поврежденного участка и сварочные работы.

Механические воздействия при авариях могут привести к легким повреждениям, когда сварочные работы не требуются, но могут потребовать замены отдельных деталей или узлов кузова и применения сварочных работ.

Редко появляются дефекты в виде износа стержней или отверстий кузова. Поскольку к кузову крепятся различного рода агрегаты при эксплуатационных воздействиях возможен износ перечисленных деталей.

1.2 Анализ свойств кузовных сталей

В условиях города Тольятти ремонт кузовов автомобилей выполняется, преимущественно, автомобилей производства ПАО АвтоВАЗ. Заготовки деталей кузова на данном автомобилестроительном предприятии выполняются из материала – сталь 08Ю. Это сталь конструкционная углеродистая качественная. Сталь 08Ю хорошо сваривается и обладает достаточной штампуемостью. Химический состав данной стали и ее механические характеристики приведены в таблицах 1.1, 1,2 соотвественно.

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала 08Ю

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфр	Хром	Аллюм.	Медь
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Al	Cu
менее 0,07	менее 0,01	предел 0,2… 0,35	менее 0,06	менее 0,025	менее 0,02	менее 0,03	предел 0,02… 0,07	менее 0.06

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20ºC стали 08Ю

$\sigma_в$	σ_T	δ_5	ψ	KCU
МПа	МПа	%	%	кДж / м^2
255-350	205	34	-	-

Увеличение содержания алюминия в стали 08Ю от 0,017 до 0,093% приводит к повышению прочностных свойств и измельчению зерна феррита.

При содержании в стали 0,07…0,09 % углерода и 0,005…0,008 % никеля оптимальное сочетание структуры, физических и механических свойств, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 9045-80 для высших категорий вытяжки, достигается при содержании алюминия 0,02…0,05 % и отжиге с двухступенчатым импульсным режимом нагрева.

В процессе отжига реализуются различные механизмы рекристаллизации: при низком содержании алюминия в стали (0,02…0,05%) - нитридный с торможением, при высоком (0,073…0,093%) - обычный по типу кипящей стали.

Анализ свариваемости стали 08Ю позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Итак, можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан

обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_Э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2},$$

После расчета значений эквивалента углерода выполняется анализ полученных значений. Если эквивалент углерода менее 0,25 сталь относят к категории хорошо сваривающихся. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,25…0,35 то сталь относят к категории удовлетворительно сваривающихся. В некоторых случаях перед сваркой таких сталей необходим предварительный подогрев свариваемых деталей. Если эквивалент углерода находится в диапазоне 0,35…0,45 то сталь относят к категории ограниченно сваривающихся. Здесь уже необходимы специальные технологические приемы.

Выполненный расчет показывает, что сталь 08Ю характеризуется хорошей свариваемостью, может свариваться всеми известными способами без применения специальных приемов.

1.3 Анализ применяемой технологии ремонтной сварки

Для кузова автомобиля первой операцией для ремонта повреждений является мойка. После чего выполняется дефектация и разрабатывается технологическая карта ремонта. Если есть необходимость применения сварочных технологий при ремонте, как правило, это замена поврежденных панелей, выполняют удаление лакокрасочного покрытия. Затем при помощи карандаша или мела намечают линию реза на поврежденной панели. Линия должна проходить так, чтобы на местах соединения удаляемой панели с другими элементами кузова остались полосы шириной 20-30 мм. Затем механически или посредством ацетилено-кислородной резки удаляют поврежденную панель.

После удаления панели следует удалить оставшиеся полосы. Данная операция предусматривает высверливание сварных точек и удаление полосы. Высверливание точек начинается с кернения, затем сверлом, превышающим диаметр точки на 0,1…0,2 мм выполняется высверливание. И в завершение посредством тонкого зубила, молотка и плоскогубцев выполняется удаление оставшихся полос.

Затем на место устанавливается новая панель и выполняется операция подгонки ее по месту. Данная операция при кажущейся простоте является ответственной и требует достаточно больших затрат времени. Дело в том, что устанавливаемая деталь изготавливалась на прессовом производстве не одновременно с поврежденной. Следовательно, возможны расхождения по геометрии. Кроме того, кузов автомобиля в процессе эксплуатации может быть деформирован. Поэтому для установки панели на место применяют быстродействующие клещи, рисунок 1.2, рихтовочные молотки и прочий инструмент мастера рихтовки.

После контроля геометрических параметров выполняются сварные швы. Для выполнения сварного шва применяется механизированная сварка. Режим механизированной сварки в углекислом газе проволоками сплошного сечения характеризуется следующими параметрами:

1) род тока и его полярность;

2) диаметр сварочной проволоки $d_э$;

3) сила сварочного тока $I_{св}$;

4) напряжение дуги $U_д$;

5) скорость подачи проволоки $V_{пр}$;

6) вылет электрода $l_{пр}$;

7) расход углекислого газа $Q_г$.

Рисунок 1.2 – Клещи зажимные

Ток применяется постоянный, плюс на сварочной проволоке, обратная полярность. При механизированной сварке на постоянном токе обратной полярности стабильнее горение дуги и меньше пористость металла шва.

Традиционное требование – химический состав наплавленного металла должен совпадать с химическим составом основного металла. Поэтому при сварке стали 08Ю в среде углекислого газа применяют проволоку марки Св-08Г1С, таблица 1.3. При сварке в среде углекислого газа выгорают такие элементы как марганец и кремний. Поэтому за счет повышенного содержания марганца и кремния в такой проволоке в результате получаем

Таблица 1.3 - Химический состав проволоки марки Св-08Г1С

Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Сера	Фосфор
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
менее 0,1	предел 1,4-1,7	предел 0,6-0,8	менее 0,2	менее 0,25	менее 0,03	менее 0,03

В таблице 1.4, приведены режимы сварки для толщин 0,8 мм.

Промышленность предлагает для реализации данного технологического процесса множество сварочных аппаратов. На рассматриваемом предприятии применяется полуавтомат Aurora SPEEDWAY 250.

Таблица 1.4 - Режимы сварки

№	Параметр	Значение
1	Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8
2	Сила тока, А	90…130
3	Напряжение дуги, В	19…21
4	Скорость сварки, м/час	14…16
5	Расход газа на 1 слой, л/мин	8…10

Это инверторный полуавтомат. Сварочный ток (MIG/MAG) составляет 40-250 А, ПВ – 30%. Вес 23 кг, и катушка для проволоки встроенная, а это значит, что его можно легко перемещать, важно это, так как кузов автомобиля длиной 5 метров, а длина шланга меньше. Этот полуавтомат обеспечивает сварку в заданной среде, обеспечивает сварку заданным по технологии диаметром сварочной проволоки и с требуемой по технологии силой сварочного тока. Длина шланга данного автомата обеспечит сварку деталей нашего габарита.

В целом полуавтомат выглядит следующим образом, рисунок 1.3.

По окончании сварки выполняется 100% визуально-измерительный контроль шва. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения и переносного источника света. Также выполняется контроль геометрии восстановленного участка и кузова в целом. Контроль геометрии является ответственной операцией для данного вида работ, так как иначе может быть нарушена «собираемость». Узлы а агрегаты не смогут быть установлены на штатные места.

По окончании операции контроля и положительных ее результатах в работу вступают жестянщики и маляры.

Рисунок 1.3 – Полуавтомат сварочный

Анализ эксплуатации кузова после выполненного ремонта показывает, что отремонтированный участок в большинстве случаев быстрее повреждается коррозией, чем расположенный симметрично участок не подверженный ремонту.

1.4 Анализ вариантов повышения коррозионной стойкости ремонтных сварных соединений

Кузовной ремонт выполняют и на специализированных предприятиях автосервиса и в кустарных условиях различного рода гаражей. Следует отметить, что дефекты кузова характеризуются отсутствием повторяемости, поэтому каким то образом автоматизировать процесс кузовного ремонта является проблематичным.

С другой стороны развитие сварочной техники идет быстрыми темпами, так даже в условиях кустарных мастерских для сварки применяют инверторные источники питания, сравнительно недорогие и обладающие множеством дополнительных функций. Главная из которых – различные

варианты импульсной технологии сварки. Кроме того, в настоящее время присадочные материалы даже самых известных зарубежных производителей можно приобрести без особого труда. Перечисленное позволяет применять методы ремонта, обеспечивающие повышение срока службы отремонтированного кузова, в первую очередь его стойкости к коррозионным повреждениям [8].

Поэтому проведем анализ научных работ посвященных повышению коррозионной стойкости сварных соединений выполняемых при ремонте кузова автомобиля.

В работе [9] показано что микролегирование бором увеличивает дисперсность фазы мартенситно-аустенитного комплекса и ее объемную долю в матрице, что способствует повышению коррозионной стойкости, прочностных характеристик и ударной вязкости металла шва. Оптимальная объемная доля фазы мартенситно-аустенитного комплекса составляет около 4,5%. Результаты исследований показали высокую конкурентоспособность порошковых проволок марок 48ПП-8Н и ППс-ТМВ7, которые не уступают лучшим зарубежным аналогам.

В работе [12] показано, что при сварке в CO_2 на обратной полярности стали Вст3сп, содержание кремния в сварном шве находится от 0,57 до 0,80 %. При таком содержании потенциал сварного шва оказывается менее положительным, чем потенциал основного металла. Следовательно, на границе «сварной шов-околошовная зона будет приложено напряжение: минус – ко шву, плюс – к околошовной зоне. Экспериментами установлено, что в таком случае вблизи этой границы значительно разрушается находящийся под отрицательным потенциалом сварной шов. Поскольку сварной шов соединяет детали между собой, то подобных границ с околошовной зоной, как минимум, будет две.

С другой стороны, если потенциал шва будет менее легирован кремнием, чем материалы деталей, то он оказывается более положительным по отношению к околошовной зоне. В этом случае минус прикладывается к

деталям, плюс – ко шву. И интенсивному разрушению подвержены материалы деталей. Показано, что порядка 65% потенциала формируется за счет влияния кремния, 22% – углерода и около 12% – алюминия.

Проведенные в работе [13] металлографические исследования показали, что в местах расположения коррозионных повреждений сварного шва имеются множественные поры диаметром до 3 мм. Показано, что поры располагаются в сварном шве только в местах коррозионных повреждений.

В целом, можно сделать вывод, что замена базового способа нецелесообразна, но замена сварочной проволоки, применение импульсных технологий, позволит увеличить качество ремонтных сварных соединений в плане коррозионной стойкости.

1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение качества ремонтной сварки дефектных кузовов легковых автомобилей. Результатом анализа установлено, что есть несколько вариантов повышения коррозионной стойкости.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Исследование коррозионной стойкости сварных соединений кузова автомобиля, выполненных с учетом результатов исследований;

2. Разработка типового технологического процесса ремонтной сварки с учетом результатов исследований коррозионной стойкости;

3. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;

4. Экономическая оценка варианта сварки, разработанного с учетом результатов исследований коррозионной стойкости.

2 Проектный технологический процесс ремонтной сварки

2.1 Разработка методики исследования

Исследования коррозионной стойкости проводили согласно ГОСТ ГОСТ 9.905-82.

Данный стандарт предусматривает исследования 4х видов образцов:

плоские образцы (пластины);

детали или сборочные единицы (узлы);

макеты изделий или конструкций;

изделия.

Вид, форму и размеры образцов выбирают в зависимости от цели испытаний. С учетом особенностей кузова автомобиля принимали плоские образцы.

Образцы должны воспроизводить следующие основные качества изделий:

материалы, их контакты;

форму;

технологию изготовления;

состояние поверхности;

вид, толщину и технологию получения покрытий.

Количество образцов на одно испытание должно быть не менее трех. Если при трех образцах не достигается требуемая согласно программе испытаний доверительная вероятность результатов испытаний, количество параллельно испытуемых образцов должно быть увеличено. Площадь поверхности всех образцов должна быть не менее 50 $см^2$.

Предпочтительны следующие размеры плоских образцов, мм;

150х100х(0,5...1,5);

100х50х(0,5...1,5);

50х50х(0,5...1,5).

Принимали образцы 150х100х0,8 мм.

Стандарт предусматривает следующие требования к аппаратуре и реактивам. Для подготовки коррозионной среды применяют химические реактивы квалификации ч.д.а. и дистиллированную воду, если применение реактивов другой степени чистоты не предусмотрено в программе испытаний.

Камеры, емкости и другая испытательная аппаратура, а также приспособления для крепления образцов должны быть стойкими к воздействию коррозионной среды и не влиять на результаты испытаний, если это не предусмотрено программой испытаний.

Конструкция испытательной аппаратуры должна исключать попадание солнечного излучения и примесей, содержащихся в атмосфере, а также колебания температуры, влияющие на результаты испытаний, если это не предусмотрено программой испытаний.

Требования к испытательным средам следующие. Испытательная среда должна быть определенного химического состава с точно установленной концентрацией всех компонентов.

Если химический состав среды нельзя точно установить, то приводят другие параметры, точно его определяющие.

Испытания проводят по программе, в которой должны быть указаны:

описание испытуемого образца и контролируемых свойств, включая химический состав, структуру и другие свойства материалов; описание средств и технологических особенностей противокоррозионной защиты;

цель испытаний (вид и точность информации, которая должна быть получена в результате испытаний);

условия и режим испытаний с характеристикой всех существенных факторов химического и физического воздействия, последовательность и периодичность воздействия и измерений;

методика обработки и оценки результатов испытаний.

При испытаниях применяют образцы сравнения, поведение которых в данных условиях известно.

При эксплуатационных испытаниях коррозионной средой является рабочая среда.

При лабораторных испытаниях воспроизводят реальные условия эксплуатации в зависимости от цели испытаний. Если целью является прогнозирование долговечности, воспроизводят все основные условия эксплуатации.

Воздействующие факторы и способы воздействия должны соответствовать преимущественному применению материала в условиях эксплуатации. При наличии нескольких основных применений материала разрабатывают несколько режимов испытаний.

При ускоренных испытаниях с целью предварительной оценки коррозионной стойкости условия испытаний ужесточают по сравнению с реальными условиями эксплуатации, не допуская резких изменений механизма коррозии.

При ускоренных испытаниях с целью контроля качества образца допускается ужесточать условия испытаний по сравнению с условиями эксплуатации, если по поведению образцов во время испытаний можно заключить о поведении материала в условиях эксплуатации.

Отношение объема жидкой среды к площади поверхности образцов должно соответствовать реальным условиям эксплуатации.

Если это требование невыполнимо, то выбирают такое соотношение объема среды и поверхности образцов, при котором параметры, определяющие агрессивность среды, не могут существенно изменяться во время испытаний или предусматривают в программе испытаний обновление или корректировку среды по ходу испытания.

Не допускается одновременно испытывать в жидкой коррозионной среде в одном сосуде образцы из разного материала или образцы с разным покрытием, если это не предусмотрено программой.

Испытания образцов из различных материалов или с различными покрытиями в газовой среде допускаются в том случае, если все образцы подвергают одинаковому воздействию и их взаимное влияние исключено или если исследуют возможность такого влияния.

При испытаниях в условиях эксплуатации образцы из различных материалов или с различными покрытиями следует размещать так, чтобы избежать их взаимного влияния, если это не предусмотрено программой.

Образцы, если нет особой цели, размещают таким образом, чтобы они подвергались одинаковым химическим и физическим воздействиям. Если это требование невыполнимо, то образцы следует периодически менять местами.

Продолжительность испытания выбирают так, чтобы можно было однозначно оценить поведение образцов. Если для этого необходимо выявить ход коррозии в процессе испытания, то периодичность съемов устанавливают в программе испытаний по геометрической прогрессии, например, 1, 3, 6, 12 ч, 1, 2, 4, 8 сут или 3, 6, 12 мес, 2, 4 года и т.д.

Перед испытаниями металлические образцы обезжиривают органическими растворителями, если иное не предусмотрено программой. При этом допускается применять мягкие щетки, кисти, вату, целлюлозу.

После обезжиривания допускается брать образцы только за торцы руками в хлопчатобумажных перчатках.

Перед началом испытаний контролируют состав и другие заданные параметры коррозионной среды.

Жидкие коррозионные среды, содержащие несмешиваемые компоненты, перед испытаниями следует равномерно перемешивать, если в программе испытаний нет других указаний.

При испытаниях в жидкостях их температуру поддерживают с точностью ±2 °С. При испытаниях в конденсирующихся парах температуру жидкости, над которой они образуются, поддерживают с точностью ±2 °С.

При испытаниях под давлением или в потоке испытательной среды указывают требуемую точность соответствующих величин.

Если в ходе испытания происходят изменения испытательной среды, которые могут оказать влияние на процессы коррозии, то химический состав испытательной среды корректируют в заданных интервалах. Испытательную среду не корректируют, если целью испытания является определение влияния изменения ее химического состава на образец.

При длительных испытаниях, а также в зависимости от цели испытания допускается обновление испытательной среды в установленные программой испытания промежутки времени.

Примечание. Испытательную среду рекомендуется обновлять при изменении концентрации решающих с точки зрения процесса коррозии компонентов более, чем на 15 % от ее исходной концентрации.

Балл коррозионной стойости	Категория стойкости	Потеря массы, Кг/(м^{2}ч)
1	Совершенно стойкие	< 0,0009
2 3	Весьма стойкие	0,0009…0,0045 (> 0,0045)…0,009
4 5	Стойкие	0,009…0,045 (> 0,045)…0,09
6 7	Пониженостойкие	(> 0,09)…0,45 (> 0,45)…0,9
8 9	Малостойкие	(> 0,9)…4,5 (> 4,5)…9,1
10	Нестойкие	> 9,1

2.2 Проектная технология

Для кузова автомобиля первой операцией для ремонта повреждений является мойка. После чего выполняется дефектация и разрабатывается технологическая карта ремонта. Если есть необходимость применения сварочных технологий при ремонте, как правило, это замена поврежденных панелей, выполняют удаление лакокрасочного покрытия. Затем при помощи

карандаша или мела намечают линию реза на поврежденной панели. Линия должна проходить так, чтобы на местах соединения удаляемой панели с другими элементами кузова остались полосы шириной 20-30 мм. Затем механически или посредством ацетилено-кислородной резки удаляют поврежденную панель.

После удаления панели следует удалить оставшиеся полосы. Данная операция предусматривает высверливание сварных точек и удаление полосы. Высверливание точек начинается с кернения, затем сверлом, превышающим диаметр точки на 0,1…0,2 мм выполняется высверливание. И в завершение посредством тонкого зубила, молотка и плоскогубцев выполняется удаление оставшихся полос.

Затем на место устанавливается новая панель и выполняется операция подгонки ее по месту. Данная операция при кажущейся простоте является ответственной и требует достаточно больших затрат времени. Дело в том, что устанавливаемая деталь изготавливалась на прессовом производстве не одновременно с поврежденной. Следовательно, возможны расхождения по геометрии. Кроме того, кузов автомобиля в процессе эксплуатации может быть деформирован. Поэтому для установки панели на место применяют быстродействующие клещи, рихтовочные молотки и прочий инструмент мастера рихтовки.

Затем начинается операция сварки. Поскольку результаты исследований коррозионной стойкости показали, что минимальное уменьшение массы образца обеспечивается при импульсной подаче проволоки.

Для расчетного определения такого параметра режима сварки с импульсной подачей проволоки как сила сварочного тока Воспользуемся расчетной зависимостью:

$$I_{СВ} = k_1 \cdot v_{П} = k_1 \cdot f_{И} \cdot h \qquad (2.1)$$

где k_1 — коэффициент, определяющий зависимость между током сварки и скоростью подачи, которая обычно представляется линейной;

fи – частота импульсов;

h – шаг подачи.

Напряжение определим

$$Uсв = fи*h/k2 = 22 В. \quad (2.2)$$

Для определения зависимости подачи проволоки и напряжения воспользуемся графической зависимостью, рисунок 2.1.

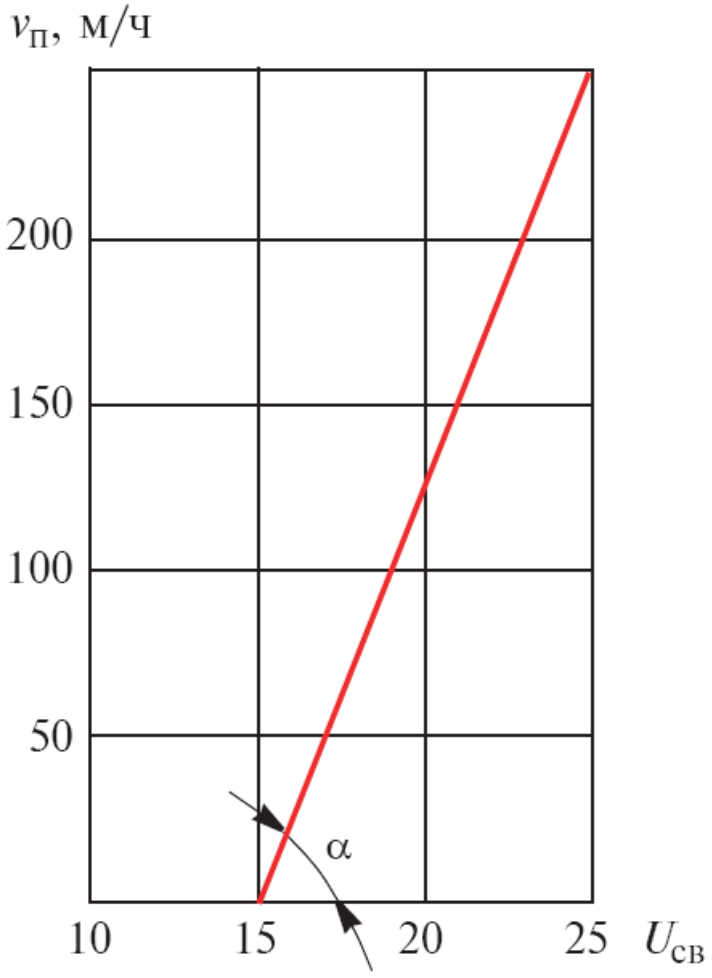

Рисунок 2.1 – Зависимость скорости подачи от напряжения сварки

Частоту импульсов установим 70 Гц, расстоянии между захватами 150 мм. Напряжение дуги составит 22 В. Тогда скорость подачи сварочной проволоки, определенная согласно рисунку 2.1, составит 175 м/час. Расход углекислого газа определим 8-10 л/час.

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Исследование коррозионной стойкости ремонтных сварных соединений кузова автомобиля».

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при ремонтной сборке и сварке дефектных кузовов легковых автомобилей.

Для реализации разработанных технических мероприятий требуется оборудование, источник питания сварочной дуги Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5, таблица 3.1.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка дефектного кузова автомобиля	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Сборка	Слесарь-сборщик,	Приспособление сборочное	
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Источник питания Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5.	Присадочная проволока Св- 08ГС, газ углекислый, круг абразивный.
		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке дефектных кузовов легковых автомобилей предложена к внедрению механизированная сварка с импульсной подачей присадочной проволоки. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горящей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Заготовки
Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Приспособление сборочное
Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Источник питания Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5. присадочная проволока Св-08ГС, газ углекислый, круг абразивный.
Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Сварной узел

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением

электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок ремонтной сварки дефектных кузовов автомобилей	Источник питания Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. В перечень средств для комплектования участка сварочного на предмет пожарной безопасности определим огнетушители, емкость с песком, багры, ведра, рисунок 3.1.

Рисунок 3.1 – Средства пожаротушения участка

Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические средства

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка ремонтная дефектного кузова автомобиля	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами, организация на участке сварки добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Сборка			
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 –Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги 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 как бытовых так и производственных.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сборки и сварки дефектного кузова легкового автомобиля. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Для минимизации воздействия выявленных негативных факторов внедряемого технологического процесса предложено использовать стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства.

.

4 Экономическая эффективность работы

По базовому варианту технологического процесса сварки дефектных кузовов автомобилей ремонтные сварные соединения выполняются механизированной дуговой сваркой проволокой сплошного сечения. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку с импульсной подачей проволоки сплошного сечения.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 4.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 4.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
При механизированной сварке для получения сварных соединений высокого качества, с учетом малых толщин соединяемых кузовных панелей необходимо контролировать параметры процесса очень точно, иначе возможны прожоги. Необходимы рабочие высокого разряда.	По предложенному варианту механизированной сварки модулятор подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги импульсами, что позволяет исключить прожоги. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом.
Скорость сварки низкая, так как при высокой скорости сварки возможны непровары.	При той же силе тока за счет реализации переноса металла в момент образования капли меньше разбрызгивание, лучше условия формирования шва и скорость сварки может быть больше.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные, необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$К_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	$Р_р$		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	Сч	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м^2)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	54120	130680
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт}=t_{п-з}+t_{о}+t_{в}+t_{отл}+t_{обсл}+t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{ШТ}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{О}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{ВСП}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{ВСП}$ = 10% от $t_{МАШ}$;

$t_{ОБСЛ}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{ОБСЛ}$ = 5% от $t_{МАШ}$;

$t_{ОТЛ}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{ОТЛ}$ = 5% от $t_{МАШ}$;

$t_{П-З}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и

проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{ОП-З}$ = 1% от $t_{О.}$

Расчет машинного времени наплавки дефектного сварного стыка по базовому и по проектному вариантам определим согласно формулы:

$$t_O = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_ш}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $M_{напл.мет}$– масса наплавленного металла, кг/м;

$L_ш$ – длина разделки дефекта в сварном соединении, м;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$– коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А*час.

Для определения массы наплавленного металла воспользуемся зависимостью, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_н \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, г/см^3 (для нашей стали ρ = 7,8 г/см^3);

$F_н$ – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм^2.

Для однопроходных швов.

$$F_н = (8 \div 12) \cdot d_{эл.} \quad (5.4)$$

$$Fнб = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$Fнпр = 10 \cdot 1{,}2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$Мнапл.мет.б = 7{,}8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0{,}156 \text{ кг/м}.$$

$$Мнапл.мет.пр = 7{,}8 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0{,}093 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем исходя из среднестатистической длины дефекта сварного соединения 238 мм. Подставив в зависимость 5.2 необходимые переменные получим:

$$tоб = \frac{60 * 0{,}561 * 0{,}238}{120 * 9} = 0{,}05 \text{ час} = 3{,}0 \text{ мин.}$$

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

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

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

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

5.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $К_{общ}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$К_{ОБЩ} = К_{ПР} + К_{СОП} \quad (5.5)$$

где $К_{ПР}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$К_{СОП}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$К_{ПР} = \sum Ц_{об} \cdot k_{з} \quad (5.6)$$

где $\sum Ц_{об}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

$k_{З}$ – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{Ф_{эф} \cdot 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{пр}$ – годовая программа, 500 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку дефектного кузова (штучное), мин.;

$Ф_{эф}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_з = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.\ прин}} \qquad (5.8)$$

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$Ф_{эф} = (Д_к - Д_{вых} - Д_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \qquad (5.9)$$

где: $Д_к$ – всего дней в году;

$Д_{вых}$ – всего выходных в году;

$Д_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см.}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$Ф_{эф.} = (365 - 110 - 14)8 \cdot 1 \cdot (1 - 0{,}06) = 1812 \text{ час.}$$

Для базового варианта технологии

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

$$k_{зб} = \frac{0{,}027}{1} = 0{,}027$$

$$К_{прб} = 40000 \cdot 0{,}027 = 1080 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

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

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

$$К_{прпр} = 70000 \cdot 0{,}012 = 840 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$К_{соп} = К_{монт} + К_{дем} + К_{площ} \quad (5.10)$$

$К_{монт}$ – расходы, на монтаж оборудования, закупленного для применения в предлагаемом варианте технологии;

$К_{дем}$ – расходы на демонтаж оборудования используемого в применяемом варианте технологии;

$К_{площ}$ – расходы на дополнительные площади, требуемые для монтажа оборудования, закупленного для применения в предлагаемом варианте технологии.

$$К_{монт} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{монт} \quad (5.11)$$

где $k_{монт}$ – коэффициент затрат для монтажа предлагаемого к использованию в проектном варианте технологии сварки трубопровода противогололедной системы оборудования, $k_{монт} = 0{,}2$.

$$К_{МОНТ} = 70000 \cdot 0{,}2 = 14000 \text{ руб}$$

$$К_{дем} = \Sigma Ц_{об} \cdot k_{дем} \quad (5.12)$$

где $k_{дем}$ – коэффициент затрат, для демонтажа применяемого в базовом варианте технологии ремонтной сварки дефектных сварных соединений трубопровода оборудования, $k_{дем} = 0{,}2$

$$К_{ДЕМ} = 40000 \cdot 0{,}2 = 8000 \text{ руб}$$

$$К_{площ} = S_{площ} \cdot Ц_{площ} \cdot g \cdot k_{з} \quad (5.13)$$

где g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$К_{ПЛОЩ} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0{,}12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$К_{ОБЩ}^{БАЗ} = К_{ПР} = 5400 \text{ руб.}$$

$$К_{ОБЩ}^{ПР} = 840 + 14000 + 8000 + 5400 = 28240 \text{ руб.}$$

Размер $К_{УД}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$К_{уд} = \frac{К_{общ.}}{N_{пр}} \qquad (5.14)$$

После подстановки в формулу (5.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$К_{УД}^{БАЗ} = 1080/500 = 2{,}16 \text{ руб.}$$

$$К_{УД}^{ПР} = 28240/500 = 56{,}48 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

Размер затрат на материалы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ = ЗМ_{ОСН} + ЗМ_{ВСП}$$

Поскольку конструкция изделия, кузова автомобиля, изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время технологии сварки в качестве вспомогательных материалов используют сварочную проволоку, расходы на закупку которой определим по формуле:

$$ЗМ_{ЭЛ.} = Н_{ЭЛ.} \cdot Ц_{ЭЛ.} \qquad (5.16)$$

где $Ц_{ЭЛ}$ – стоимость сварочной проволоки, руб/кг;

$Н_{ЭЛ}$ - расход сварочной проволоки согласно нормативам , кг.

$$Н_{ЭЛ.} = У \cdot L_{Ш.} \qquad (5.17)$$

где У - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{ш.}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$У = kp \cdot М_{напл.мет} \quad (5.18)$$

где kp – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$М_{напл.мет}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$М_{напл.мет} = \rho \cdot Fн \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где ρ – плотность стали, из нее изготовлена сварочная проволока 7,8 г/см^3;

Fн – площадь поперечного сечения шва, Fн = 72 мм^2.

$$М_{напл.мет} = 7{,}8 \cdot 72/1000 = 0{,}56 \text{ кг.}$$

$$У = 1{,}7 \cdot 0{,}56 = 0{,}95 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{эл} = 0{,}95 \cdot 0{,}238 = 0{,}227 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 88 \cdot 0{,}227 = 19{,}99 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{б} = 19{,}99 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой технологии сварки дефектных кузовов в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + Ззг \quad (5.20)$$

Размер затрат на присадочную проволоку определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ_{свпр} = Ц_{пр} \cdot Н_{пр} \quad (5.21)$$

где $Ц_{пр}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;

$Н_{пр}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Норму расхода присадочной проволоки определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Н_{пр} = У \cdot L_{ш} \quad (5.22)$$

где – У - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым в автосервисах нормативам, кг/м;

$L_{ш.}$ – общая длина ремонтного сварного соединения, м.

$$У = kp \cdot М_{напл.мет} \quad (5.23)$$

где kp – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$М_{напл.мет}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$М_{напл.мет} = \rho \cdot Fн \cdot 10^{-3}, \quad (5.24)$$

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см^3;

Fн – площадь поперечного сечения шва, Fн = 72 мм^2.

$$Мнапл.мет = 7,8 \cdot 72/1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{пр} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{свпр} = 69 \cdot 0,227 = 15,66 \text{ руб.}$$

Расходы на защитный газ определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (5.25)$$

где $Ц_{З.Г.}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$Нр_{З.Г.}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норму расхода определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Н_{з.г.} = У_{з.г.} \cdot L + У_{доп} \quad (5.26)$$

где $У_{з.г.}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$У_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_о \quad (5.27)$$

где qзг = 10 л/мин;

$t_о$ - вычисленное по формуле (5.2) время сварки шва.

$$У_{з.г.} = 10 \cdot 1{,}62 = 16{,}2 \text{ л}$$

$У_{ДОП.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, $м^3$.

$$У_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (5.28)$$

где tвсп – время расхода газа, мин;

$q_{ЗГ}$ – норма расхода газа в единицу времени, $м^3$/мин.

$$У_{доп} = 10 \cdot 0{,}05 = 0{,}5 \text{ л.}$$

$$Н_{з.г.} = 16{,}2 \cdot 0{,}687 + 0{,}5 = 11{,}62 \text{ л.}$$

$$З_{з.г.} = 0{,}011 \cdot 50 = 0{,}55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 15{,}66 + 0{,}55 = 16{,}21 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$Зэ-э = \frac{Роб \cdot to}{КПД} Цэ-э \quad (5.29)$$

где Роб – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Цэ-э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении ремонтного сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока умноженная на напряжение дуги.

Для применяемого на предприятии варианта ремонтной сварки:

$$Р_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3{,}6 \text{ кВт}$$

$$З^{Б}_{Э\text{-}Э} = \frac{3{,}6 \cdot 0{,}05}{0{,}7} 3{,}02 = 0{,}77 \text{ руб.}$$

Для предлагаемого варианта ремонтной сварки

$$Р_{обпр} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6{,}3 \text{ кВт}$$

$$З^{ПР}_{Э\text{-}Э} = \frac{6{,}3 \cdot 0{,}025}{0{,}75} 3{,}02 = 0{,}63 \text{ руб.}$$

Размер финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{об} = А_{об} + Р_{т.р} \qquad (5.30)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$А_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{Ф_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \qquad (5.31)$$

где Цоб – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

Наоб – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{ШТ}$ – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ф_{эф}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$А_{ОБ}^{Б} = \frac{40000 \cdot 3{,}72 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0{,}24 \text{ руб.}$$

$$А_{ОБ}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 1{,}83 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0{,}21 \text{ руб.}$$

Для определения финансовых затрат на ремонт воспользуемся формулой:

$$Р_{т.р} = \frac{Ц_{об} \cdot Н_{т.р} \cdot k_{з}}{Ф_{эф} \cdot 100} \qquad (5.32)$$

где $H_{m.p}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, ≈ 35%;

$$Р_{тр}^{б} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0{,}027}{1812 \cdot 100} = 0{,}20 \text{ руб.}$$

$$Р_{тр}^{пр} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0{,}012}{1812 \cdot 100} = 0{,}16 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{ОБ}^{Б} = 0{,}24 + 0{,}20 = 0{,}44 \text{ руб.}$$

$$З_{ОБ}^{ПР} = 0{,}21 + 0{,}16 = 0{,}37 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{площ} = \frac{Ц_{площ} \cdot S_{площ} \cdot На_{площ} \cdot t_{шт}}{Ф_{эф} \cdot 100 \cdot 60} \qquad (5.33)$$

где $Ц_{площ}$ – цена 1м^2 производственной площади, руб.;

$На_{площ}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{площ}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2;

$$З^{б}_{площ} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3{,}72}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0{,}02 \text{ руб.}$$

$$З^{пр}_{площ} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1{,}83}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0{,}02 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $З_{осн}$ и дополнительной заработной платы $З_{доп}$:

$$ФЗП = ЗПЛ_{ОСН} + ЗПЛ_{ДОП} \quad (5.34)$$

где $ЗПЛ_{ОСН}$ - основная зарплата;

$ЗПЛ_{ДОП}$ - дополнительная зарплата.

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$ЗПЛ_{ОСН} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot k_{зпл} \quad (5.35)$$

где $C_{ч}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{шт}$ – штучное время, час;

$k_{ЗПЛ}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_{у} \cdot k_{пф} \cdot k_{н} \quad (5.36)$$

где $k_{пр} = 1{,}25\,1{,}12$ – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1{,}1\,1{,}2$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{у} = 1{,}1 - 1{,}087$ коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1{,}057 - 1{,}14$ коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{Н} = 1{,}133 - 1{,}076$ коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{ЗПЛ} = 1{,}12 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}087 \cdot 1{,}14 \cdot 1{,}076 = 1{,}79$$

После подстановки в формулу (5.35) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ^{Б}_{ОСН} = 0{,}060 \cdot 95{,}29 \cdot 1{,}79 = 10{,}23 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0{,}03 \cdot 84{,}87 \cdot 1{,}79 = 4{,}55 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_д}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.37)$$

где kд – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

После подстановки в формулу (5.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

$$ФЗП_{Б} = 10{,}23 + 1{,}02 = 11{,}25 \text{ руб.}$$

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

Объём $О_{сн}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$О_{СН} = ФЗП \cdot Н_{СОЦ} / 100 \quad (5.38)$$

где Нсоц – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (5.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$О_{СН}^{Б} = 11{,}25 \cdot 30/100 = 3{,}37 \text{ руб.}$$

$$О_{СН}^{пр} = 5{,}00 \cdot 30/100 = 1{,}50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Значение $С_{тех}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$С_{ТЕХ} = ЗМ + З_{Э-Э} + З_{ОБ} + З_{ПЛ} + ФЗП + О_{СН} \quad (5.39)$$

После подстановки в формулу (5.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ТЕХ}^{Б} = 19,99 + 0,77 + 0,44 + 0,02 + 11,25 + 3,37 = 35,84 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХ}^{ПР} = 16,21 + 0,63 + 0,37 + 0,02 + 5,00 + 1,50 = 23,73 \text{ руб.}$$

Значение $C_{цех}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ} \quad P_{ЦЕХ} \tag{5.40}$$

где $P_{ЦЕХ}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + k_{ЦЕХ} \cdot З_{ОСН} \tag{5.41}$$

где $k_{ЦЕХ}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (5.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЦЕХ}^{Б} = 35,84 + 10,23 \cdot 1,72 = 35,84 + 17,59 = 53,43 \text{ руб.}$$

$$C_{ЦЕХ}^{ПР} = 23,73 + 4,55 \cdot 1,72 = 23,73 + 7,82 = 31,55 \text{ руб.}$$

Значение $C_{зав}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + k_{ЗАВ} \cdot З_{ОСН} \tag{5.42}$$

где $P_{ЗАВ}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{ЗАВ}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВ}^{Б} = 53,43 + 10,23 \cdot 1,97 = 53,43 + 20,15 = 73,58 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАВ}^{ПР} = 31,55 + 4,55 \cdot 1,97 = 31,55 + 8,96 = 40,51 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Показатели	Услов. обозн	Калькуляция, руб	
		базовый	Проект
2	3	4	5
Затраты на материалы	ЗМ	19,99	16,21
Объём фонда заработной платы	ФЗП	11,25	5,00
Отчисления на соц. нужды	$О_{СН}$	3,37	1,50
Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	$З_{ОБ}$	0,44	0,37
Затраты на площади	Зпл	0,02	0,02
Затраты на электроэнергию	$З_{Э-Э}$	0,77	0,63
Себестоимость технологическая	$С_{ТЕХ}$	35,84	23,73
Цеховые расходы		17,59	7,82
Себестоимость цеховая	$С_{ЦЕХ}$	53,43	31,55
Заводские расходы		20,15	8,96
Себестоимость заводская	$С_{ЗАВ}$	73,58	40,51

5.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых технических решений

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(С_{зав}^{б} - С_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \qquad (5.43)$$

После подстановки в формулу (5.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (73{,}58 - 40{,}51) \cdot 500 = 16533{,}25 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $Э_г$ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Э_Г = [(C^{Б}_{ЗАВ} + E_Н \cdot K^{Б}_{УД}) - (C^{ПР}_{ЗАВ} + E_Н \cdot K^{ПР}_{УД})] \cdot N_{ПР} \qquad (5.44)$$

После подстановки в формулу (5.44) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_Г = [(73{,}58 + 0{,}33 \cdot 2{,}16) - (40{,}51 + 0{,}33 \cdot 56{,}48)] \cdot 500 = 7425 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{ШТ} = \frac{t_{ШТБ} - t_{ШТПР}}{t_{ШТБ}} \cdot 100\% \qquad (5.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{ШТ} = \frac{0{,}05 - 0{,}025}{0{,}05} \cdot 100\% = 50\%$$

Повышение $П_т$ производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta П_Т = \frac{100 \cdot \Delta t_{ШТ}}{100 - \Delta t_{ШТ}} \qquad (5.46)$$

После подстановки в формулу (4.56) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta П_Т = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Срок $Т_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{ОК} = \frac{Кобщпр}{Э_{УГ}} \quad (5.47)$$

После подстановки в формулу (4.47) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Т}_{\text{ОК}} = \frac{28240}{16533} \approx 1{,}7 \text{года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$\text{Ер} = 1/\text{Ток} = 1/1{,}7 = 0{,}58. \quad (5.48)$$

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 100%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 1,7 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 7425 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

Заключение

Анализ применяемого на предприятиях автосервиса процесса ремонтной сварки кузова легкового автомобиля и его последующая эксплуатация показали, что главный недостаток – низкая коррозионная стойкость ремонтных сварных соединений.

Выполненные исследования коррозионной стойкости различных вариантов ремонтной сварки дефектов кузова позволили рекомендовать механизированную сварку с импульсной подачей проволоки. Разработан технологический процесс ремонтной сварки с применением импульсной подачи присадочной проволоки.

Выполненные расчеты показали, что при этом, дополнительно, повышается производительность труда и снижается трудоемкость.

Можно сделать вывод о достижении цели достижении цели работы

Список используемых источников

1. Лебедев В.А. Особенности сварки сталей с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство – 2007 - №8 - С. 30-35.
2. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов // Сварочное производство – 2010 - №4 - С.27-28
3. Жерносеков А.М., Андреев В.В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (обзор) // Автоматическая сварка – 2007 - №10.
4. Жерносеков А.М. Влияние вылета электрода на параметры шва при импульсно-дуговой сварке сталей // Автоматическая сварка – 2004 - №8. – С. 18-22.
5. Ланкин, Ю.Н. //Автоматическое управление процессом сварки, плавящимся электродом в CO_2 с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка (Обзор) / Ланкин, Ю.Н. / Автоматическая сварка. – 2007. – № 1. – С. 3–10.
6. Бондаренко, В.Л. Дуговая сварка с импульсной подачей электродной проволоки – процесс CMT, предложенный фирмой «Фрониус» / Бондаренко, В.Л. / Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 55–58.
7. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
8. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
9. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995. - 288 с.
10. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
11. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.

12. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.
13. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977. – 124 с.
14. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
15. Enancement 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.
16. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
17. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
18. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
19. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
20. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
21. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

22. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
23. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
24. Крюков, А.В. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки / Крюков, А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. // Технология машиностроения. 2013. № 7. С. 30—31.
25. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с
26. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
27. Zhang, Y.M., Liguo E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
28. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
29. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
30. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.
31. 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.

32. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с