

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 Ремонт повреждений алюминиевых топливных баков

Студент

А.С. Суфиев

(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 – снижение себестоимости ремонта и повышение качества отремонтированного топливного бака.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- разработан технологический процесс пайки дефектных топливных баков;
- подобрано оборудование для реализации разработанного процесса;
- предусмотрены мероприятия по охране здоровья и жизни персонала предприятия и окружающей среды;
- обоснованы экономически предложенные технологические решения.

Пояснительная записка содержит 43 стр., 8 рисунков, 6 таблиц.

В работе предложено рекомендовать пайку припоем П-34А при нагреве газовой горелкой. Подбран режим пайки изделия, разработан типовой технологический процесс исправления дефектов бака топливного пайкой заплат.

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов произведен их анализ и разработаны защитные мероприятия.

Ожидаемый экономический эффект составит 291000 руб.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	6
1.2 Анализ свойств алюминия	7
1.3 Применяемая технология ремонтной сварки бака	11
1.4 Возможные варианты исправления дефектов.....	13
1.5 Задачи работы.....	16
2 Проектный технологический процесс.....	17
3 Безопасность и экологичность проекта	21
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	21
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	22
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	23
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	23
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	26
3.6 Заключение по разделу	27
4 Экономическая эффективность работы	29
4.1 Исходные данные для экономического обоснования	29
сравниваемых вариантов	29
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	32
4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам.....	33
4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии ремонта дефектов топливного бака.....	37

4.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых технических решений	46
4.6 Выводы по разделу.....	48
Заключение	49
Список используемых источников.....	50

Введение

Алюминий наряду с полимерными материалами все более широко применяется в автомобилестроении. Этому способствует комплекс его характеристик. С одной стороны малый удельный вес металла, с другой сравнительно высокие механические характеристики. Высокая теплопроводность металла обеспечивает легкость его применения в теплообменных устройствах автомобиля. Достаточная коррозионная стойкость является веским основанием для применения для изготовления кузова.

Есть, конечно, и недостатки. Так ведущим процессом получения неразъемных соединений в промышленности стала сварка. Наличие плотной и прочной оксидной пленки на поверхности алюминия требует применения специальных технологических приемов при сварке. Высокая отражательная способность алюминия создает проблемы при лазерной сварке. Даже с точки зрения сварщика перед расплавлением алюминий не меняет своего цвета, что создает трудности для сварщика при получении соединения, возможны прожоги.

Поэтому модернизация уже имеющихся технологий сварки алюминия и создание новых являются актуальными.

Например, все чаще на автомобилях применяют алюминиевые топливные баки. Однако несмотря на большую толщину стенки, чем стальные баки, у алюминиевого бака выше повреждаемость.

Для устранения дефектов наиболее рационально применять сварочные технологии. При этом следует помнить, что каждый дефект строго индивидуален. Кроме того, производственная программа, количество нуждающихся в ремонте баков, сравнительно невелика.

Отсюда сформулируем цель работы как снижение себестоимости ремонта и повышение качества отремонтированного топливного бака..

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Алюминиевые топливные баки, представляет из себя листовую конструкцию емкостью от 100 до 900 литров, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 - Общий вид алюминиевого топливного бака

Бак выполняют из сплава алюминия толщиной 2,5-3 мм. Алюминиевый сплав предусмотрен АМг-3, АМг-6. Бак сварной. В состав бака входят, рисунок 1.2., сам бак 1, датчик уровня топлива, 1-1, крышка топливного бака, 1-2., крепеж бака к раме автомобиля, 2...11, трубопроводы подачи топлива и фильтры, 12...20. Эксплуатация бака происходит в условиях действия большого перепада температур – зимой это температуры до -30 а то и до -40°С, летом температура может достигать +40°С. Также в процессе эксплуатации бак подвергается ударным нагрузкам со стороны щебня и гравия, которые иногда попадаются на дороге. Тяжелым случаем является дорожно-транспортное происшествие. При действии ударных нагрузок бак

не должен потерять свою герметичность, иначе тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия может усугубиться. Что касается среды, которая воздействует на бак – внутри, это, как правило моторное топливо в лице углеводородов. Снаружи – сухой воздух и при дождливой погоде вода.

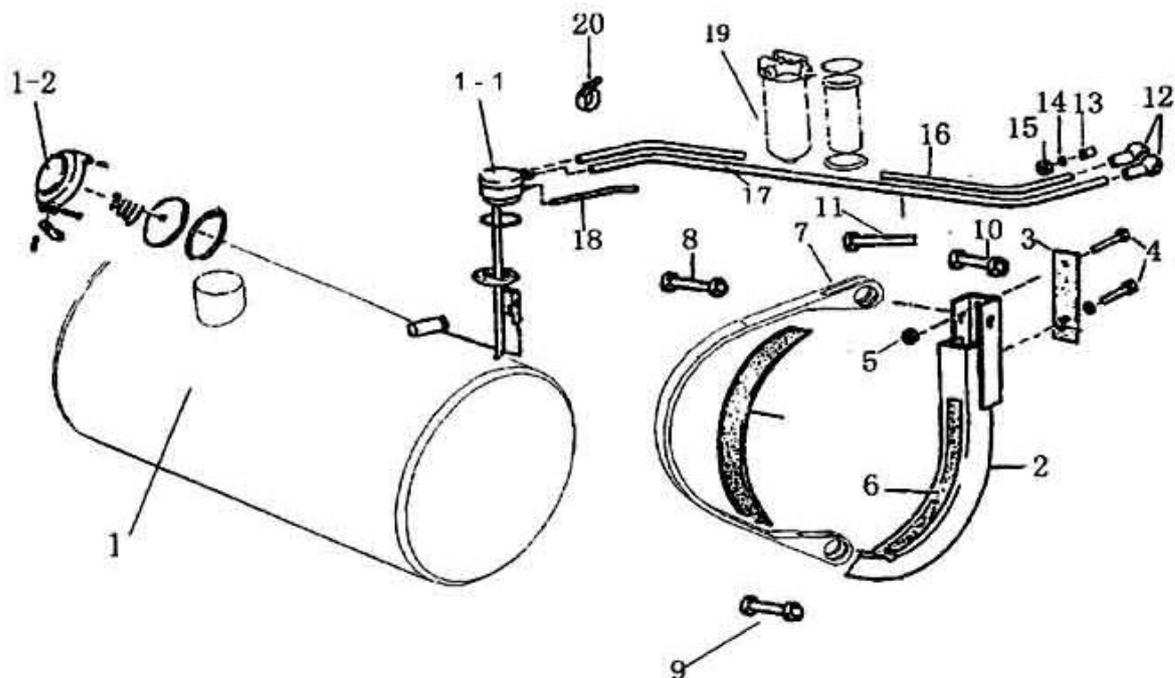


Рисунок 1.2 - Алюминиевый топливный бак в сборе.

1.2 Анализ свойств алюминия

Технически чистый алюминий обладает сравнительно невысокими параметрами механических характеристик. Поэтому, в основном, на практике применяют сплавы алюминия.

Деформируемые сплавы по способности упрочняться термической обработкой подразделяют на сплавы, не упрочняемые термической обработкой, и сплавы, упрочняемой термической обработкой. Сплав АМгЗ, из которого выполнено изделие, относится к деформируемым сплавам и термообработкой не упрочняется.

Как было указано выше, для изготовления бака топливного автомобиля применяют АМг-3, АМг-6. Химический состав сплава АМгЗ приведен в

таблице 1.1. Механические свойства приведены в таблице 1.2. Физические свойства сплава приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.1 - Химический состав сплава АМГЗ в % весовых, Аl основа

Железо	Кремний	Магний	Марганец	Титан	Медь	Цинк	Примесей
до 0,5	0,5-0,8	3,2-3,8	0,3-0,6	до 0,1	до 0,1	до 0,2	Каждая 0,05, всего 0,1

Таблица 1.3 - Механические свойства при T=20°C сплава АМГЗ

Сортамент	σ_b	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	НВ 10^{-1}
-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	МПа
Лист отожжен.	230	120	25		400	45

Таблица 1.3 - Физические свойства сплава АМГЗ

T	E 10^{-5}	$\alpha 10^6$	λ	ρ	C	R 10^9
Град.	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	0,71			2670		49,6
100		23,5	151		880	

Химический состав сплава АМГ6 приведен в таблице 1.4. Механические свойства приведены в таблице 1.6. Физические свойства сплава приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.4 - Химический состав в % сплава АМГ6, Аl основа

Железо	Магний	Марганец	Титан	Медь	Кремний	Цинк	Примесей
до 0,4	5,6-6,8	0,5-0,8	до 0,1	до 0,1	до 0,4	до 0,2	Каждая 0,05, всего 0,1

Таблица 1.5 - Механические свойства при T=20°C сплава АМг6

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	НВ 10^{-1}
-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	МПа
Лист отожжен.	310	150	15		400	65

Таблица 1.6 - Физические свойства сплава АМг6

T	E 10^{-5}	$\alpha 10^6$	λ	ρ	C	R 10^9
Град.	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	0,71			2640		67,3
100		24,7	122		922	

Если рассмотреть в сравнении механические свойства наиболее часто применяемых алюминиевых сплавов, то значения прочности сплава АМг-3 находятся на среднем уровне, и прочность сплава АМг-6 находится на достаточно высоком уровне, рисунок 1.3.

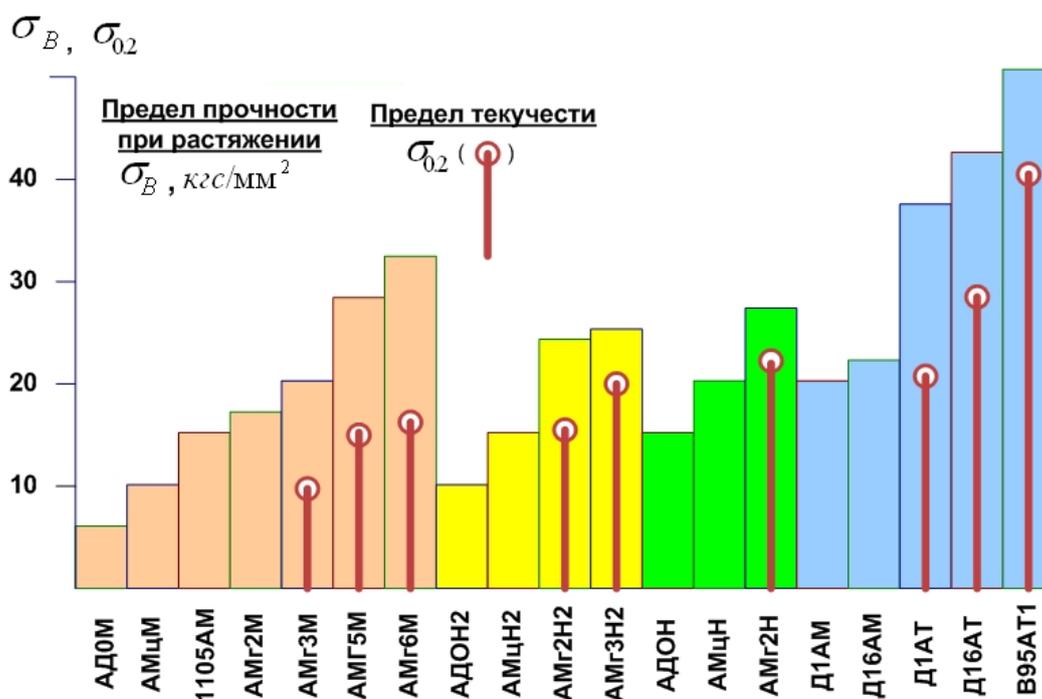


Рисунок 1.3 – Прочность сплавов алюминия в отожженном состоянии

Но прочность интересует, в первую очередь, эксплуатационников. Для сварщиков важным является понятие свариваемости металла. Анализ свариваемости сплавов алюминия АМг-3, АМг-6 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.

Подытоживая 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.

Сплавы алюминия и технически чистый алюминий свариваются широким спектром способов. Возможна газовая сварка, дуговая сварка штучными электродами, контактная сварка. Наибольшее распространение

получили дуговые способы сварки в среде аргона. Причем, сварка неплавящимся электродом реализуется, как правило, на переменном токе. При обратной полярности происходит очистка поверхности алюминия или его сплава от пленки оксидов, однако если вести сварку на обратной полярности будет происходить ускоренный износ неплавящегося электрода.

1.3 Применяемая технология ремонтной сварки бака

Причин повреждения топливных баков несколько. Баки могут повреждаться от ударов камней. Хотя алюминий отличается высокой стойкостью к коррозии, за счет наличия на поверхности плотной и прочной пленки оксида алюминия, возможны коррозионные повреждения. Дело в том, что плотность моторного топлива меньше, чем воды и при конденсации влаги внутри бака вода оказывает свое негативное действие.

При выявлении требующих ремонта дефектов бака с него сначала сливают моторное топливо. Затем выполняют демонтаж бака. Важным моментом при ремонте сварочными технологиями является такая операция как промывка бака. Пары моторного топлива, смешанные с воздухом могут взорваться при действии высокой температуры от горячей сварочной дуги. Промывка выполняется раствором моющего вещества в горячей воде. Последующая сварка дефектов производится при наполненном водой баке. Понятное дело, что устраняемый дефект должен находиться в верхней части бака. Это, кстати, создает определенные удобства для сварщика. Швы приходится выполнять в нижнем положении.

Устанавливать бак следует так, чтобы под местом сварки оставался воздух. Нельзя герметично закрывать бак. Локальное повышение температуры при сварке приводит к увеличению объема воздуха. Поэтому должен быть обеспечен газообмен с окружающей средой или возможность выхода воды из бака. Для этого, перед установкой бака в положение для сварки подсоединяют гибкий шланг к заливной горловине и для

поддержания уровня воды в баке, обеспечивающего должную прослойку воздуха в районе дефекта, шланг изгибают, образуя импровизированный сифон.

Параллельно с подготовкой бака выполняются подготовительные операции по отношению к присадочной проволоке и привариваемой заплатке.

Проволоку и заплатку обезжиривают, затем травят водным раствором NaOH, содержание в воде едкого натра 10%. Травление производят в течение 10 минут. После травления выполняют промывку в 20% водном растворе азотной кислоты. После чего выполняется промывка сначала горячей затем холодной водой.

Лучше сразу после обработки выполнять операцию исправления дефекта. Но можно упаковав герметично в полиэтиленовый пакет хранить подготовленные проволоку и заплату в течение не более 24х часов.

Установить заплату на место, прижать обеспечив прилегание по периметру. Затем по периметру заплаты равномерно выполнить прихватки. Присадочная проволока АМг-3. Прихватки выполнять на переменном токе, сила тока $I_{св}=90-130$ А. $U_{д}=30-37$ В. Расход защитного газа, аргона, 8-10 л/мин. Затем выполняется визуальный контроль, зачистка прихваток и накладывается по периметру заплаты сварной шов. Режим сварки сила тока $I_{св}=90-130$ А. $U_{д}=30-37$ В. Расход защитного газа, аргона, 8-10 л/мин.

После наложения сварного шва требуется некоторое время для охлаждения зоны сварки. Затем выполняется визуальный контроль, и гидроиспытания. При выполнении гидроиспытаний кантуют бак таким образом, чтобы отремонтированный дефект оказался в низу. После 10ти минутной выдержки выполняют осмотр на наличие капель воды. Если все в порядке – воду сливают и бак отправляют на установку на автомобиль.

1.4 Возможные варианты исправления дефектов

Для ремонта повреждений топливных баков можно применять полиэфирные смолы. При этом практически отсутствует термическое воздействие на ремонтируемую конструкцию. А значит, подготовительные операции пропарки, наполнения водой не требуются. Полиэфирная смола смешивается с отвердителем, если размеры дефекта невелики, кистью покрывают ремонтируемое место бака перекрестным слоями. Наносится первый слой, затем ожидание пока произойдет полимеризация смолы, накрест наносится второй слой, после его полимеризации, при необходимости, накрест третий и четвертый слой.

При значительных размерах дефекта сначала наносится смола на края отверстия, затем накладывается на отверстие стеклоткань, покрывается смолой и затем еще 2—3 слоя стеклоткани, промазывая каждый слой смолой.

Однако учитывая указанные в разделе 1.1 работы условия эксплуатации алюминиевых топливных баков их долговечность после подобного рода технологии ремонта невелика.

Сварочные технологии применяют чаще. Как было указано выше алюминий можно сваривать множеством способов. Ручную дуговую сварку покрытыми электродами применяют при получении соединений технического алюминия, сплавов АМц и АМг, содержащих до 5% магния, а также силумина. В обмазку электродов для сварки алюминия входят соли, как правило, хлористый натрий, хлористый калий.

Для получения сварных соединений алюминия штучными электродами применяют постоянный ток обратной полярности. Для ремонтных технологий алюминиевых баков способ сварки штучными электродами не подходит по следующим причинам. Скорость плавления алюминиевого электрода в 2-3 раза больше, чем стального. Поэтому толщина свариваемого металла должна быть свыше 4 мм [9]. Толщина алюминиевых топливных

баков, как правило, не превышает 3 мм. Кроме того, для сварки алюминия штучными электродами предпочтительным является стыковое соединение.

Соединений внахлестку и тавровых при сварке штучными электродами избегают, так как возможно затекание шлака в зазоры, из которых его трудно удалить при промывке после сварки. Наличие шлака в зазоре может вызвать коррозию металла.

Анализ процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG) показывает, что сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка ограничена, приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дуге. При этом, учитывая все нюансы сварки алюминия, кратер приходится зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов. Отличие механизированной сварки алюминия от сталей является: применение аргона в качестве защитного газа, тефлоновых подающих каналов вместо стальных, специальной формы роликов в подающем механизме, специальных мундштуков на горелках.

Хотя механизированную сварку алюминия можно применять кроме получения стыковых тавровых и нахлесточных соединений, толщина соединяемого материала должна превышать 4 мм.

Рассмотрим другие варианты соединения алюминия. Например, применение в качестве источника нагрева луча лазера. Лазерные технологии сейчас, с учетом появления малогабаритных и мощных полупроводниковых лазеров могут быть применены и в условиях мелкосерийного и единичного

производства. Главная проблема здесь – высокая отражательная способность алюминия. Для решения данной проблемы применяют, например, флюсы, снижающие отражение луча от поверхности свариваемого изделия. Проблема высокой отражательной способности алюминия и его сплавов при сварке лучом лазера решается путем увеличения мощности лазерного излучения. Но увеличение мощности источника лазерного излучения влечет за собой увеличение стоимости источника. Можно применить источник с более короткой длиной волны, например, твердотельные лазеры вместо CO₂-лазеров. Или комбинированные способы сварки. Например, лазерно-дуговую [6]. При проведении лазерно-дуговой сварки применяли диодный лазер ВР 020 НР (фирмы «Рофин-Синар»). Мощность лазера до 2 кВт. Данный лазер обеспечивает длину волны излучения 0,808/0,940 мкм. Применяли углекислотный лазер ЛТ 104. Длина волны излучения 10,6 мкм. Механические характеристики получаемых сварных соединений и их микроструктура исследовались по стандартным методикам.

При использовании комбинированных источников нагрева, сочетании лазерного нагрева и дугового, достоинства каждого из способов суммируются. Гибридная сварка обеспечивает увеличение проплавления до 4х раз и увеличение скорости сварки до 4х раз. Применительно к алюминию важным качеством является катодная очистка свариваемых поверхностей от оксидной пленки.

Химический состав получаемых при помощи комбинированной сварки швов близок к составу основного металла. При этом предел прочности наплавленного металла составляет примерно 0,9 от прочности соединяемого металла.

Конфигурация сварного шва получаемого комбинированным способом характеризуется узкой зоной сплавления. Структура сварного шва мелкодисперсная. Данные качества сварных соединений характерны для лазерной сварки.

Однако мы получаем сложное оборудование, неприемлемое при мелкосерийном и единичном производстве по экономическим показателям.

Возможен вариант соединения заплаты с корпусом топливного бака технологией пайки. Поскольку при пайке температура плавления присадочного материала меньше, чем основного, можно вести процесс не доводя основной металл до плавления. Следовательно, расход энергии на получение соединения будет ниже.

При пайке также как и при сварке прочная и плотная пленка оксидов алюминия на поверхности соединяемых материалов мешает получению соединения. Тем не менее, алюминий успешно паяют технологиями как флюсовой так и бесфлюсовой пайки.

1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – снижение себестоимости ремонта и повышение качества отремонтированного топливного бака. Результатом анализа установлено, что возможна замена применяемой технологии сварки на технологию пайки.

Отсюда сформулируем следующие задачи работы:

1. Выбор способа нагрева под пайку.
2. Выбор флюса.
3. Подбор оборудования для нагрева.
4. Разработка технологического процесса пайки.
5. Разработка мероприятий по защите здоровья и жизни производственного персонала.
6. Оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

2 Проектный технологический процесс

Для нагрева предложено, с учетом единичного характера производства, применить пламя газовой горелки. Анализ припоев, рекомендуемых для пайки алюминия, позволил остановить выбор на не содержащем дефицитных компонентов припое П-425А. Состав припоя 20% алюминия, 15% меди, остальное – цинк. Температура полного расплавления - 425°C.

Диаграмма состояния алюминий – цинк приведена на рисунке 2.1.

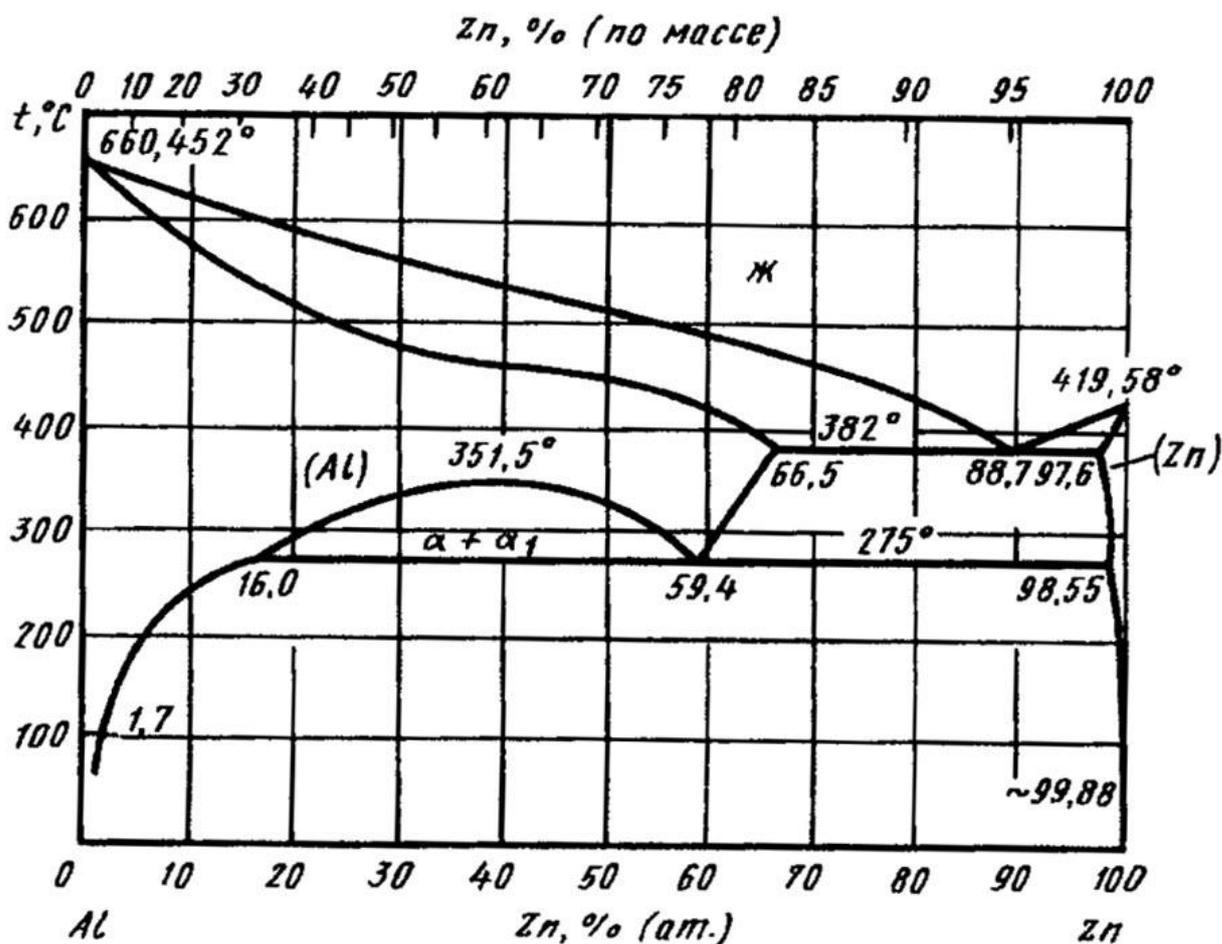


Рисунок 2.1 – Диаграмма состояния Алюминий – Цинк

Как следует из диаграммы при температуре плавления цинка 419°C, добавка алюминия до 10% снижает температуру плавления, получается эвтектика. Снижение температуры составляет около 40°C. Добавки меди, понятное дело, увеличивают температуру плавления припоя, однако прочность паяного соединения возрастает. Диаграмма состояния медь цинк

приведена на рисунке 2.2. Как следует из диаграммы температура 424°C является температурой перитектического превращения.

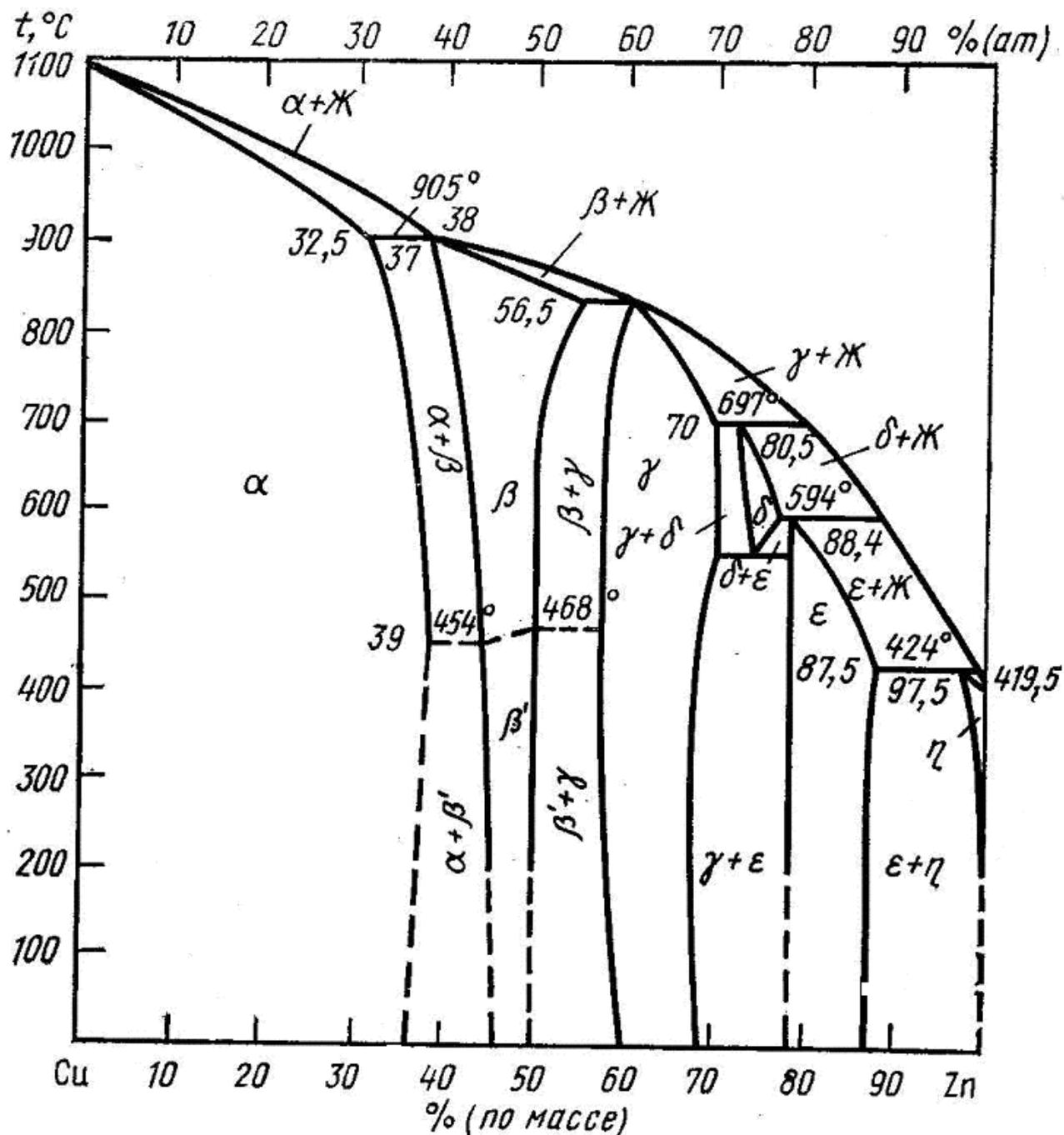


Рисунок 2.2 – Диаграмма состояния Медь-Цинк

Для активации паяемой поверхности предложено, с учетом температуры плавления выбранного припоя, использовать флюсы Ф34А, Ф320А. Основу флюсов для пайки алюминия составляют хлористые и фтористые соединения. Например, химический состав флюса Ф34А

следующий: хлористый калий – 44...56%; хлористый литий – 29...35%; хлористый цинк 6...10%; фтористый натрий - 9...11%.

Интервал температурной активности указанного флюса в пределах 420-620°C. Основные операции технологического процесса восстановления дефектных алюминиевых баков следующие: подготовка; обезжиривание; травление; пайка; контроль.

Подготовка принципиально ничем не отличается от применяемой в базовом варианте. Включает в себя демонтаж топливного бака, осмотр повреждений, пропарку, изготовление заплата. Операция пропарки, как и последующая операция наполнения водой необходимы так как хотя температура пайки меньше, пламя газовой горелки сможет стать причиной взрыва смеси воздуха и паров топлива.

Также выполняется очистка от загрязнений и от окисной пленки алюминия, препятствующих хорошему сцеплению основного металла и припоя. Очистка заключается в тщательной очистке поверхности ручными металлическими щетками, которые сделаны из проволок нержавеющей стали диаметром не более 0,15 мм.

Операцию обезжиривания выполнять используя технический ацетон и ветошь. После обезжиривания необходимо производить травление места пайки. Принципиально травление заплата и окружающей поверхности вокруг дефекта совпадает с травлением поверхности под сварку.

Пайку проводить пламенем кислородопропановой, пропановоздушной горелки или бензовоздушной горелкой. Нанести на дефектную поверхность бака и в окружающую зону диаметром 10-15 мм флюс Ф34А или Ф320А тонким слоем. Установить сверху заплату, прижать, обеспечив прилегание по периметру к поверхности бака. Следует помнить что при пайке обеспечение капиллярного зазора является важным моментом. Греть пламенем горелки по периметру заплата до плавления флюса, подать в зону нагрева прутки припоя П425А, греть до температуры плавления припоя по периметру заплата, периодически подавая флюс. После расплавления припоя и

заполнения зазора по периметру заплаты, нагрев прекратить. При нагреве припой должен плавиться только при соприкосновении с паяемым изделием, так как иначе припой может попасть на недостаточно прогретую поверхность.

Остатки флюса удаляются после выполнения операции пайки промывкой водой.

Операция контроля выполняется аналогично как в базовом технологическом процессе. Выполняется визуальный контроль. При этом следует обратить внимание на равномерность галтели.

При выполнении гидроиспытаний кантуют бак таким образом, чтобы отремонтированный дефект оказался внизу. После 10ти минутной выдержки выполняют осмотр на наличие капель воды. Если все в порядке – воду сливают и бак отправляют для установки на автомобиль.

3 Безопасность и экологичность проекта

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Ремонт повреждений алюминиевых топливных баков».

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при ремонте дефектных топливных баков автомобилей. Данные эффекты обеспечиваются путем замены традиционно применяемой технологии сварки на технологию пайки. Главное преимущество технологии пайки – температура нагрева не превышает температуру плавления основного металла.

Для реализации разработанных технических мероприятий потребуются оборудование, газовая горелка, баллоны с горючим газом и кислородом, припой, флюс, 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	Пайка дефектного топливного бака автомобиля	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Заготовительная	Слесарь-сборщик	Ножницы по металлу	
		Подготовительная	Слесарь-сборщик		Вода техническая
		Пайка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Газовая горелка.	Припой П425А, флюс Ф34А кислород, газ горючий
		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 пайки дефектных алюминиевых топливных баков автомобилей предложена к внедрению технология пайки, источником нагрева в данном случае выступает газовое пламя. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением пламени, возможно действие светового излучения горящего пламени, 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.	Топливный бак
Заготовительная	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Топливный бак, ножницы по металлу.
Подготовительная	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Топливный бак
Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Газовая горелка, припой П425А, флюс Ф34А, кислород, газ горючий.
Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Топливный бак с устраненным дефектом

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 пайки	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 пайки дефектных топливных баков автомобилей	Горелка газовая	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 среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Пайка	Входной контроль	-	-	-
	Заготовительная	-	-	-
	Подготовительная		Загрязнение водой для заполнения топливного бака	
	Пайка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении газового пламени		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.	Исключить пролив воды для заполнения топливного бака.
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 сварке алюминия для получения сварных соединений высокого качества, с учетом малых толщин ремонтируемого топливного бака необходимо контролировать параметры процесса очень точно, иначе возможны прожоги. Необходимы рабочие высокого разряда.	По предложенному варианту пайки нагрев ведется до существенно меньших температур, чем температура плавления алюминия. 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.

4.1 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	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	184,22	157,55
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	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	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	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:

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

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_0 – 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 на 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_0 .

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

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (4.2)$$

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.

Длину швов примем исходя из среднестатистической длины дефекта сварного соединения 200 мм. Подставив в зависимость 4.2 необходимые переменные получим:

$$t_{об} = \frac{60 * 0,014 * 0,2}{80 * 9} = 1,8 \text{ мин}$$

Машинное время для пайки (проектный вариант) определим по формуле.

$$t_0 = \frac{L_{ш}}{V_n}, \quad (4.3)$$

где: V_n – скорость перемещения горелки оператором при нагреве под пайку, м/мин.

$$t_{опр} = \frac{0,2}{0,166} = 1,2 \text{ мин}$$

Подставив в (4.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 0,09 + 1,8 + 0,18 + 0,09 + 0,144 + 0,018 = 2,04 \text{ мин.} = 0,034 \text{ час.}$$

$$t_{штб} = 0,06 + 1,2 + 0,12 + 0,06 + 0,096 + 0,012 = 1,38 \text{ мин.} = 0,023 \text{ час.}$$

4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (4.5)$$

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

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{ПР}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (4.6)$$

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (4.7)$$

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

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

$\Phi_{\text{эф}}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (4.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (4.8)$$

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:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – 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).

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

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расч.б} = \frac{10000 * 2,04}{1812 * 60} = 0,18 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

$$K_{прб} = 30000 \cdot 0,18 = 5400 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расч.пр} = \frac{10000 * 1,38}{1812 * 60} = 0,12 \text{ шт}$$

$$k_{зпр} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$K_{прпр} = 10000 \cdot 0,12 = 1200 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{пощ} \quad (4.10)$$

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

$K_{\text{дем}}$ – расходы на демонтаж оборудования используемого в применяемом варианте технологии;

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

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (4.11)$$

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

$$K_{\text{монт}} = 10000 \cdot 0,2 = 2000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

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

$$K_{\text{дем}} = 30000 \cdot 0,2 = 6000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} \cdot \Pi_{\text{площ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{площ}} = 2 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 2160 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 1200 + 2000 + 600 + 2160 = 5960 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{уд}^{БАЗ} = 5400/10000 = 0,54 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 5960/10000 = 0,59 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии ремонта дефектов топливного бака

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:

$$ЗМ_{эл.} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (4.16)$$

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

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

$$Н_{эл.} = У \cdot L_{ш.} \quad (4.17)$$

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

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

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (4.18)$$

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

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

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

где ρ – плотность стали, из нее изготовлена сварочная проволока 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$.

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

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

$$N_{\text{рэл}} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг.}$$

$$Z_{\text{Мэлб}} = 88 \cdot 0,227 = 19,99 \text{ руб.}$$

Расходы на защитный газ определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (4.20)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$N_{\text{рз.г.}}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норму расхода определим расчётным путём с использованием формулы:

$$N_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} \cdot L + Y_{\text{доп}} \quad (4.21)$$

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

$$Y_{\text{з.г.}} = q_{\text{з.г.}} \cdot t_{\text{о}} \quad (4.22)$$

где $q_{\text{зг}} = 10 \text{ л/мин}$;

$t_{\text{о}}$ - вычисленное по формуле (4.2) время сварки шва.

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

$Y_{\text{доп.}}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, м³.

$$Y_{\text{доп}} = t_{\text{всп}} \cdot q_{\text{зг}} \quad (4.23)$$

где $t_{\text{всп}}$ – время расхода газа, мин;

$q_{\text{зг}}$ – норма расхода газа в единицу времени, м³/мин.

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

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

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

$$ЗМ_{\text{г}} = 1,15 + 2,35 = 3,5 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой технологии пайки дефектных топливных баков в качестве вспомогательных материалов используют припой, флюс и горючий газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{ТЕХПР}} = З_{\text{ПРИП}} + З_{\text{ГГ}} + З_{\text{O}_2} + З_{\text{ФЛ}} \quad (4.20)$$

Размер затрат на припой определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗМ_{\text{свпр}} = Ц_{\text{пр}} \cdot H_{\text{пр}} \quad (4.21)$$

где $Ц_{\text{пр}}$ – стоимость применяемого в проектной технологии припоя, руб/кг;

$H_{\text{пр}}$ - норма расхода применяемого в проектной технологии припоя, кг.

Норму расхода припоя определим расчётным путём с использованием формулы:

$$H_{\text{n.д.}} = Q_{\text{n.д.}} \cdot \frac{100 + \alpha}{100} \quad (4.22)$$

где $Q_{\text{n.д.}}$ – масса расходуемого для пайки одной заплаты припоя, г;

α – процент угара и безвозвратных потерь припоя при пайке.

$$Q_{\text{n.д.}} = a \cdot b \cdot \rho \cdot \varphi \cdot L_{\text{n.ш}} \quad (4.23)$$

где a – размер зазора при установке заплаты на место пайки; b – ширина шва; ρ – плотность припоя; $L_{\text{n.ш}}$ – протяженность паяного шва; φ – коэффициент, учитывающий дополнительный расход припоя на наплывы = 1,1...1,4.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Q_{\text{п.д.}} = 0,02 \cdot 0,3 \cdot 27 \cdot 1,2 \cdot 20 = 0,38 \text{ гр.} = 0,00038 \text{ кг.}$$

$$\cdot \text{Нпд} = 0,38 \cdot 102/100 = 0,4 \text{ гр.} = 0,0004 \text{ кг}$$

$$\text{ЗМприпой} = 0,0004 \cdot 470 = 0,18 \text{ руб.}$$

Расходы на горючий газ определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Згг.} = t_{\text{штгп}} \cdot Q_{\text{гг}} \cdot \text{Цгг} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Згг.} = 0,023 \cdot 5 \cdot 1 = 0,11 \text{ руб.}$$

Расходы на кислород определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{З}_{\text{O}_2} = t_{\text{штгп}} \cdot Q_{\text{к}} \cdot \text{Цк} = 0,023 \cdot 2,3 \cdot 5,54 = 0,28 \text{ руб.} \quad (4.25)$$

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{З}_{\text{O}_2} = 0,023 \cdot 2,3 \cdot 5,54 = 0,28 \text{ руб.}$$

Расходы на флюс определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Зфлюс} = \text{Цфл} \cdot \text{Нфл} = 70 \cdot 0,0002 = 0,01 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Зфлюс} = 70 \cdot 0,0002 = 0,01 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.20) полученных в результате расчетов значений, имеем:

$$\text{ЗМ}_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 0,18 + 0,11 + 0,28 + 0,01 = 0,58 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$\text{З}_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} \text{Ц}_{\text{э-э}} \quad (4.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Ц_{э-э}$ – 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:

$$P_{обб} = 120 * 23 = 2760 \text{ Вт} = 2,76 \text{ кВт.}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{2,76 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,26 \text{ руб.}$$

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

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} + З_{в.тех} + З_{сж.возд} \quad (4.30)$$

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

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

$З_{в.тех}$ – отчисления на воду техническую;

$З_{сж.возд}$ – отчисления на сжатый воздух.

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

$На_{об}$ – 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;

$\Phi_{эф}$ – 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:

$$A_{об}^Б = \frac{30000 \cdot 2,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100} = 0,1 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{пр} = \frac{10000 \cdot 1,38 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб}$$

Для определения финансовых затрат на ремонт воспользуемся формулой:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (4.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$P_{тр}^Б = \frac{30000 \cdot 35 \cdot 0,18}{1812 \cdot 100} = 1,04 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{10000 \cdot 35 \cdot 0,12}{1812 \cdot 100} = 0,231 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^Б = 0,1 + 1,04 = 1,14 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 0,02 + 0,23 = 0,25 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{плоч}} = \frac{C_{\text{плоч}} \cdot S_{\text{плоч}} \cdot Na_{\text{плоч}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.33)$$

где $C_{\text{плоч}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;
 $Na_{\text{плоч}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;
 $S_{\text{плоч}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м².

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{б}} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 2,04}{11812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{пр}} = \frac{3000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1,38}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,07 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

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

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

где $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$ – основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата.

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

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

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

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

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

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133 - 1,076$ коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{ЗПЛ} = 1,12 \cdot 1,2 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,88$$

После подстановки в формулу (4.35) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{ОСН}^Б = 0,034 \cdot 184,22 \cdot 1,88 = 11,77 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0,023 \cdot 157,55 \cdot 1,88 = 6,81 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.37)$$

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

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 11,77 \cdot 10/100 = 1,17 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 6,81 \cdot 10/100 = 0,68 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_Б = 11,77 + 1,17 = 12,94 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{ПР} = 6,81 + 0,68 = 7,49 \text{ руб.}$$

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

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где $N_{соц}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{сн}^Б = 12,94 \cdot 30/100 = 3,88 \text{ руб.}$$

$$O_{сн}^{ПР} = 7,49 \cdot 30/100 = 2,24 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3М + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \Phi 3П + O_{\text{СН}} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 3,50 + 0,26 + 1,14 + 0,06 + 12,94 + 3,88 = 21,78 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 0,58 + 0,25 + 0,07 + 7,49 + 2,24 = 10,63 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.40)$$

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

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

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

После подстановки в формулу (4.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 21,78 + 11,77 \cdot 1,72 = 21,78 + 20,24 = 42,02 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 10,63 + 6,81 \cdot 1,72 = 10,63 + 11,71 = 22,34 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (4.42)$$

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

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

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

$$C_{3AB}^B = 42,02 + 11,77 \cdot 1,97 = 42,02 + 23,18 = 65,20 \text{ руб.}$$

$$C_{3AB}^{PP} = 22,34 + 6,81 \cdot 1,97 = 22,34 + 13,41 = 35,75 \text{ руб.}$$

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	3,50	0,58
Объём фонда заработной платы	ФЗП	12,94	7,49
Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	3,88	2,24
Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{ОБ}	1,14	0,25
Затраты на площади	З _{ПЛ}	0,06	0,07
Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,26	-
Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	21,78	10,63
Цеховые расходы		20,24	11,71
Себестоимость цеховая	С _{ЦЕХ}	42,02	22,34
Заводские расходы		23,18	13,41
Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	65,20	35,75

4.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых технических решений

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^B - C_{зав}^{PP} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

После подстановки в формулу (4.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (65,20 - 35,75) \cdot 10000 = 294569 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $\text{Э}_Г$ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Э}_Г = [(C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{Б}}) - (C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{ПР}})] \cdot N_{\text{ПР}} \quad (4.44)$$

После подстановки в формулу (4.44) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_Г = [(65,20 + 0,33 \cdot 0,54) - (35,75 + 0,33 \cdot 0,59)] \cdot 10000 = 291684 \text{ руб.}$$

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,034 - 0,023}{0,034} \cdot 100\% = 32\%$$

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

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.46)$$

После подстановки в формулу (4.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 32}{100 - 32} = 47\%$$

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

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\Delta_{\text{вГ}}} \quad (4.47)$$

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

$$T_{ок} = \frac{28240}{16533} \approx 0,5 \text{года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/1,7 = 0,58. \quad (4.48)$$

4.6 Выводы по разделу

Внедрение технологического процесса пайки при восстановлении дефектных топливных баков автомобиля позволило уменьшить на 32% трудоемкость ремонта бака, при увеличении производительности труда на 47%.

Для внедрения технологического процесса пайки нужны финансовые затраты в размере 5960 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 291000 руб.

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

Заключение

Анализ базового технологического процесса сварки дефектного топливного бака автомобиля показал на необходимость модернизации технологии ремонтной сварки. Выполненный анализ показал, что устранить недостатки процесса ремонта дуговой сваркой неплавящимся электродом в среде аргона можно применив технологию пайки заплаты.

В работе доказано, что применение новой технологии ремонта позволяет достичь поставленной цели.

Список используемых источников

1. 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.
2. Кортес, А.П. Сварка, резка, пайка металлов / А.П. Кортес. – М.: Аделант, - 2007. – 192 с.
3. Козулин, М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: Учебное пособие для вузов / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2002 – 280 с.
4. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.: Под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия, 2000. – 400 с.
5. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.
6. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
7. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
8. 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.
9. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
10. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
11. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.

12. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
13. 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.
14. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
15. Шелягин, В.Д. Гибридная сварка излучением CO₂-лазера и дугой плавящегося электрода в углекислом газе / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, В.П. Гаращук [и др.] // Автоматическая сварка. – 2002. – № 10. – С. 38–41.
16. Зусин, В.Я. Восстановление канавок алюминиевых поршней тракторных двигателей импульсно-дуговой наплавкой в среде защитных газов / В.Я. Зусин, Г.Н. Вайнер, В.Н. Черноиванов // Сварочное производство. – 1982. – № 11. – С. 37–38.
17. Воропай, Н.М. Двухдуговая наплавка алюминиевых поршней комбинированным неплавящимся и плавящимся электродом / Н.М. Воропай, В.В. Лесных, В.А. Мишенков // Автоматическая сварка. – 1996. – № 6. – С. 21–25.
18. Чудинов, Б.А. Упрочнение верхней поршневой канавки поршней двигателей внутреннего сгорания ОАО «АВТОВАЗ», Тольятти, 2004 г. 13–16 апр. / Б.А. Чудинов, В.Ф. Жмиевский // Материалы 6-й Междунар. практ. конф.-выставки, С.-Пб., Альфаред, 2004. – С. 89–90.
19. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
20. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.

21. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
22. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
23. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
24. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с. 3.
25. Кезик В.Я., Белоцкий А.В., Павлийчук Г.А., Амирханова Т.В., Можжаев В.М. Влияние индия на некоторые свойства медно-цинковых припоев // Экономия материалов в технологических процессах пайки. - Киев: ИЭС им. Е.О.Патона, 1983. - С. 27-33.
26. Ключко Н.А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. - М.: Металлургия, 1981. - 200 с.
27. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1972. - 480 с.
28. Лашко Н.Ф., Лашко С.В. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.
29. Лашко С.В., Лашко Н.Ф. Пайка металлов. - М.: Машиностроение, 1988. - 376 с.
30. Патон Б.Е., Россошинский А.А. Некоторые вопросы дальнейшего развития технологии пайки // Современные методы пайки. - Киев: ИЭС им. Е.О.Патона, 1982. - С. 3-12.
31. Справочник по пайке / Под ред. И.Е.Петрунина. - М.: Машиностроение, 1984. - 400 с.

32. Хорунов, В. Ф. Выбор припоев для пайки тонкостенных теплообменных устройств / В. Ф. Хорунов, С. В. Максимова // Автоматическая сварка. - 2008.

33.