

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой СОМДиРП
В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Зейналова Азиза Шахбазовна

1. Тема Технология сборки и сварки лазером боковины автомобиля XRAY
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе базовая технология сварки, материалы практикам, нормативные документы ВАЗ, научно-техническая и патентная литература, стандарты, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Доказательство актуальности работы, цель работы.

- 1) Анализ конструкции водостока, свойств применяемых сталей, условий эксплуатации, анализ базовой технологии сварки. Анализ вариантов достижения цели проекта, формулировка задач проекта
- 2) Выбор режимов лазерной сварки, разработка технологических рекомендаций, разработка проектной технологии сварки, выбор оборудования для лазерной сварки
- 3) Анализ опасностей и вредностей при лазерной сварке, разработка мероприятий по их устранению
- 4) Экономическая эффективность предлагаемых в проекте технических решений

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид водостока – 1 лист

Базовая технология – 1 лист

Аналитический лист – 1 лист

Проектная технология – 1 лист

Оборудование – 1 лист

Участок сварки – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

7. Дата выдачи задания « _____ » _____ 20 ____ г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание) _____

Руководитель дипломного проекта _____

(подпись)

Г.М. Короткова

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению _____

(подпись)

А.Ш. Зейналова

(И.О. фамилия)

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 20 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студента Зейналовой Азизы Шахбазовны
по теме Технология сборки и сварки лазером боковины автомобиля
XRAY

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	1.02.17 – 10.02.17	10.02.17	выполнено	
Анализ исходных данных и известных технических решений	10.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
Разработка технологии сборки и сварки радиомачты	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
Выбор оборудования	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
Безопасность и экологичность	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
Экономическое обоснование	01.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

_____ (подпись)

Г.М. Короткова

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

А.Ш. Зейналова

(И.О. фамилия)

АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: Повышение качества герметизации шва кузовных панелей боковины и рамы двери задней автомобиля Lada Xray.

Чтобы достичь поставленной цели в работе решили следующие задачи: разработали технологический процесс лазерной сварки; выбрали источник лазерного излучения; выбрали способ манипуляций источником лазерного излучения; выбрали оборудование, обеспечивающее перемещение луча лазера по стыку; предусмотрели мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала; произвели оценку экономической эффективности предложенных мероприятий.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 53 страницы, 6 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть включает в себя 9 листов формата А 1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	10
1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации кузова автомобиля ...	10
1.2 Базовая технология герметизации стыка.....	14
1.3 Анализ возможных вариантов герметизации стыка.....	19
1.6. Задачи работы.....	25
2 Разработка технологического процесса лазерной сварки.....	27
2.1 Расчет режимов лазерной сварки.....	27
3 Организация участка лазерной сварки.....	30
4 Безопасность и экологичность проекта.	33
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	33
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков	34
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	35
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	37
Заключение по разделу.....	38
5 Экономическая эффективность проекта.....	40
5.1. Исходные данные для расчетов.....	40
5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки.....	41
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	42
5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов сварки кузова.....	45
5.4.6 Технологическая себестоимость.....	48
Калькуляция себестоимости изделия.....	49
5.4 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта.....	50

5.5 Снижение трудоемкости и повышения производительности труда в проектном варианте	50
Выводы по экономическому разделу	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53

ВВЕДЕНИЕ

Автомобилестроение в настоящее время является динамично развивающейся отраслью промышленности, в которой сконцентрированы передовые достижения науки и техники. Это связано со все возрастающими потребностями в перевозках как пассажиров так и грузов. С учетом интеграции экономики России в мировую экономику, лучшие зарубежные производители автомобильной техники начинают вести жесткую конкурентную борьбу с отечественными производителями не только на внешнем рынке, но и на внутреннем. При этом, основные надежды России связаны с флагманом отечественного машиностроения АО АвтоВАЗ. Поэтому любые работы направленные на повышение конкурентноспособности автомобилей ВАЗ являются актуальными.

Важным является здесь учет настроения потребителей, создание новых моделей, удовлетворяющих их запросы. Очередной новинкой Волжского автозавода является хэтчбек в стиле SUV, (кроссовер) Lada Xray. Это первый опыт автозавода в выпуске кроссоверов, однако автомобиль по своим характеристикам получился очень удачным. Вместе с тем, некоторые технические решения при изготовлении, в частности, кузова автомобиля были перенесены с предыдущих моделей, выпускаемых автозаводом, и, применительно к техническим решениям нового кузова не всегда оправданы. Поэтому анализ технологического процесса изготовления кузова Lada Xray и замена некоторых технологий новыми, передовыми, является актуальным.

Например, конструкция желоба водостока требует герметизации стыка между боковиной и рамой двери задней. Традиционно стыки между кузовными панелями автомобилей Волжского автозавода герметизируют мастикой. К мастикам для герметизации зазоров между кузовными панелями автомобилей предъявляют высокие требования: адгезия к металлу; высокая прочность в сочетании с эластичностью; малая усадочная деформация; безопасность при нанесении и высокая производительность. Этим качествам соответствует ряд составов, как импортных так и отечественных, тем не

менее, проведенные испытания опытных партий кузовов Lada Xray показало низкую стойкость герметиков применительно к данному соединению.

Поэтому, сформулируем цель выпускной квалификационной работы следующим образом: «Повышение качества герметизации шва кузовных панелей боковины и рамы двери задней автомобиля Lada Xray».

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации кузова автомобиля

Кузов автомобиля в сборе является базовым и самым дорогостоящим его элементом, рисунок 1.1. На нем закреплены остальные узлы и агрегаты.



Рисунок 1.1 – Кузов автомобиля

Эксплуатируется изделие при перепаде температур от +40 до –40. На изделие действуют статические и динамические нагрузки, возникающие при движении автомобиля и при его стоянке. В зависимости от состояния дорожного полотна возможны вибрационные нагрузки. С точки зрения пассивной безопасности при аварии автомобиля кузов и его элементы защищают пассажиров.

Следует отметить, что детали кузова защищены от воздействия агрессивных и коррозионных сред при эксплуатации автомобиля. Для защиты от коррозии весь кузов автомобиля проходит следующие этапы нанесения покрытий: обезжиривание; фосфатирование; катодфорез; грунтование эпоксидным грунтом; окончательное грунтование; окраска;

нанесение текстила в скрытых сечениях.

Исходные заготовки кузова штампуются в Производстве поковок и штамповок из стали марки 08 кп, 08 ю толщиной 0,8...1,2 мм. Сталь 08 кп относится к группе углеродистых сталей, широко применяемых в машиностроении, строительной промышленности и др. В своем составе кроме железа сталь 08 кп содержит следующие компоненты, таблица 1.1

Таблица 1.1 - Химический состав стали 08 кп,% ГОСТ 1050-74 [2]

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

Кремний и марганец полезные примеси, растворяясь в феррите упрочняют сталь. Сера образуя соединение FeS вызывает красноломкость стали. Фосфор растворяясь в феррите, вызывает хладноломкость стали. Главный компонент стали, оказывающий существенное влияние на ее структуру и свойства, углерод. Увеличением содержания углерода в стали повышает твердость и прочность, но снижает пластичность и ударную вязкость. Учитывая, что большинство деталей кузова автомобиля изготавливают методами холодной штамповки, нужна пластичная сталь. Поэтому в сталях, применяемых для штамповки панелей кузова мало углерода.

Оценим свариваемость выбранного материала конструкции.

Основное общее определение свариваемости определено в ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют». Исходя из данной определения свариваемость является комплексной технологической характеристикой.

Хотя научно-технической литературе, справочниках, учебной и литературе, можно встретить разные определения понятия «свариваемость», за основу, все же, необходимо принять определение свариваемости по ГОСТ 29273–92, так как оно соответствует международному стандарту ИСО 581–80.

Таким образом, свариваемость зависит от 4х факторов: материал, технологический процесс, типа конструкции, назначение конструкции. В зависимости от комбинации перечисленных факторов ГОСТ предусматривает определение свариваемости для каждого конкретного случая.

Эксплуатационные показатели сварной металлоконструкции регламентированы нормативно-технической документацией на изделие. Данные показатели зависят от назначения и условий эксплуатации сварного изделия. Если эксплуатационные показатели свариваемого изделия находятся в пределах, заданных техническими требованиями, то считается что данный материал поддается сварке или обладает свариваемостью. Если нижний предел технических требований не обеспечен хотя бы по одному эксплуатационному показателю, то данный материал сварке не поддается и свариваемостью не обладает.

При указанном комплексном подходе свариваемость для одного и того же материала может быть разной, в зависимости от того, для чего изделие предназначено:

- сварное соединение, выполненное одним и тем же способом сварки, в одном случае может соответствовать требованиям эксплуатации, в другом случае непригодным для эксплуатации;
- конструкционный материал, который не получается сварить одним способом сварки можно сваривать другим способом сварки;
- конструкцию сварного соединения и расположение его на сварной металлоконструкции можно выбрать таким образом, что получить сварное

соединение невозможно, поэтому материал или вид сварки можно признать непригодным.

Свариваемость для разных сталей не одинакова. По свариваемости стали могут быть разделены на четыре группы:

1. Стали с хорошей свариваемостью, при их сварке получается качественное сварное соединение всеми видами сварки, на обычных режимах и без подогрева.
2. Стали с удовлетворительной свариваемостью. Здесь качественное сварное соединение обеспечивается только сваркой в узком диапазоне режимов и за счет применения дополнительных технических мероприятий, предварительный подогрев, например.
3. Стали с ограниченной свариваемостью. В данном случае удовлетворительное качество сварных соединений может быть достигнуто только в очень узком диапазоне режимов сварки и с обязательным применением подогрева при сварке и термообработки после сварки.
4. Стали с плохой свариваемостью. Даже специальные технологические мероприятия не дают возможности получения качественных швов, без горячих или холодных трещин. Еще один признак плохой свариваемости - высокая склонность металла к образованию закалочных структур в зоне сварки.

Оценку свариваемости произведем с помощью эквивалента углерода. Для углеродистых и марганцевых сталей углеродный эквивалент:

$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}; \quad (1.1)$$

$$C_s = 0,08 + \frac{0,40}{6} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25 + 0,25}{15} = 0,29;$$

Судя по расчетам углеродного эквивалента данная сталь обладает хорошей свариваемостью. Изделия из этой стали могут свариваться ручной дуговой сваркой, автоматической под слоем флюса, электрошлаковой и аргонодуговой сваркой, электроннолучевой и др. видами сварки.

1.2 Базовая технология герметизации стыка

Общий вид соединения боковины и рамы двери задней показан на рисунке 1.2.

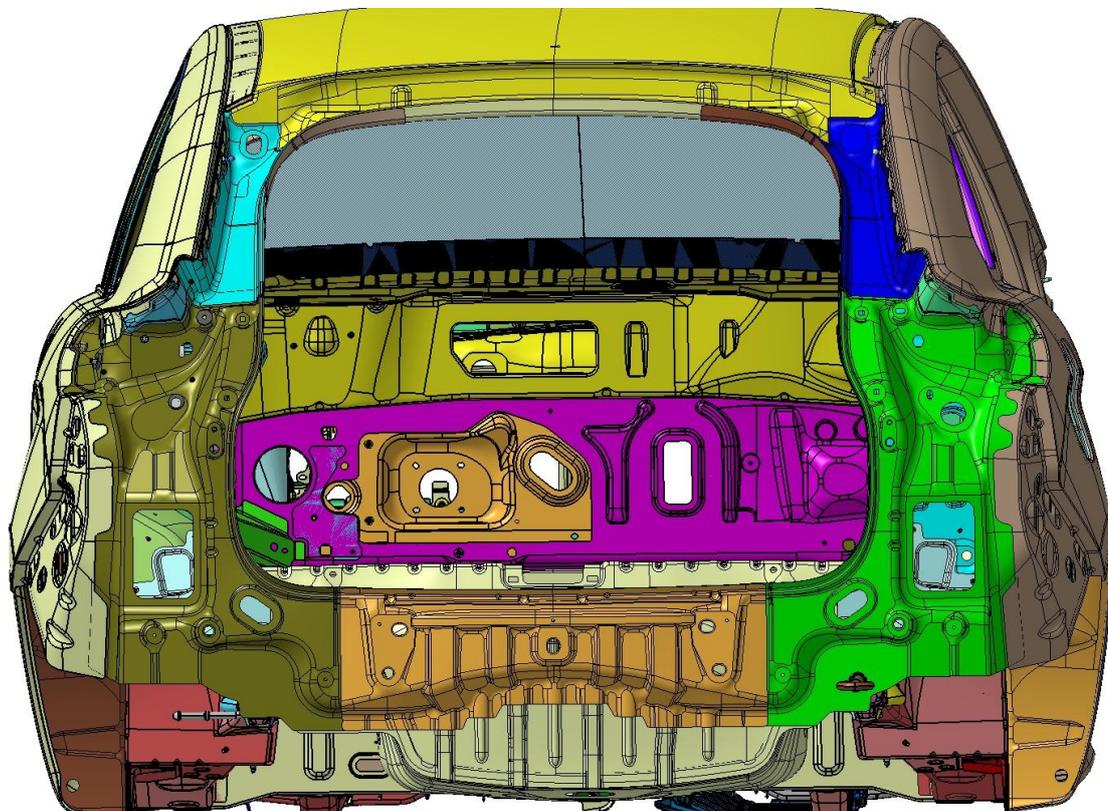


Рисунок 1.2 – Вид на соединение боковины и рамы двери задней.

Для соединения стойки боковины и рамы двери задней применяют контактную точечную сварку.

Вообще, для соединения кузовных панелей в мировом автомобилестроении широкое распространение получила контактная точечная сварка. Около 70 % объема сварочных работ при производстве кузова легкового автомобиля выполняется этим способом. Этому способствовали такие достоинства контактной точечной сварки как: высокая производительность; низкие остаточные деформации; легкость механизации и автоматизации процесса; гибкость и универсальность технологического процесса; не нужно применение вспомогательных сварочных материалов,

для данной технологии характерны высокая культура производства и экологичность.

Следует отметить, что патент на изобретение точечной сварки был выдан русскому инженеру Бенардосу Н.Н. еще в 1887 г. За более чем 100 лет развития технологии контактной точечной сварки достигли очень высокого уровня совершенства и отличаются широким разнообразием способов их реализации на практике. Однако у КТС есть ряд недостатков, обусловленных физикой процесса. Главный здесь – отсутствие герметичности соединения. Поэтому, в некоторых случаях, соединения, выполненные КТС, подлежат герметизации.

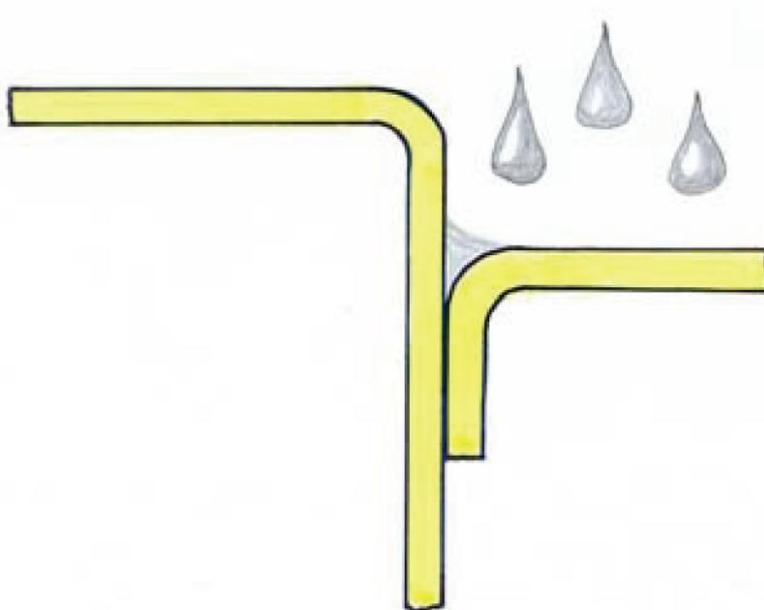


Рисунок 1.2 – Проникновение влаги в соединение

Для герметизации стыков традиционно применяются автомобильные герметики для швов. Следует отметить обширную номенклатуру герметиков, применяемых как в автомобилестроении вообще, так и на АО АвтоВАЗ, в частности.

Главной функцией любого герметика является герметизация, изоляция и склеивание поверхностей, главным образом, с целью защитить детали от воздействия окружающей среды, преимущественно влаги.

К автомобильным герметикам предъявляют следующие свойства:

Высокая адгезия;
Высокая прочность;
Наличие антикоррозионных свойств;
Высокая эластичность;
Малая усадочная деформация;
Возможность разглаживания при нанесении;
Легкое, безопасное и быстрое нанесение;
Возможность окрашивания;
Быстрое высыхание и полимеризация.

Наиболее распространенным способом герметизации является клеевой, применяемый в базовом варианте, рисунок 1.3.

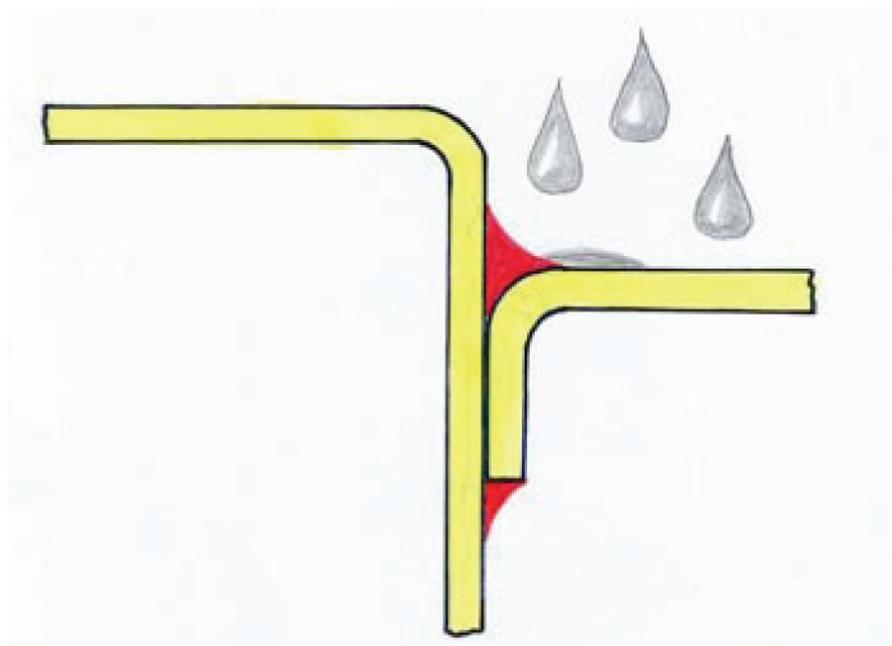


Рисунок 1.3 – Герметизация клеем.

Это обусловлено следующими достоинствами клеевых соединений:

1. Возможность соединения разнородных материалов, которые отличаются по физико-механическим свойствам;
2. Возможность соединения тонкостенных деталей;
3. При склеивании отсутствуют большие остаточные напряжения, как при сварке, и концентраторов напряжений (отверстий под крепежные

элементы). Кроме того, некоторые клеи эластичны, это позволяет поглощать и перераспределять внутренние напряжения.

4. Быстрый и экономичный способ сборки.

5. Широкая номенклатура клеевых материалов позволяет применять их во многих технологических процессах.

6. Клеевые соединения обладают сравнительно высокой прочностью;

7. Низкая себестоимость и простота технологии; отсутствие необходимости в использовании дополнительного оборудования.

8. Возможность снижения металлоемкости и массы конструкции за счет применения клея вместо крепежных элементов.

9. Возможность соединения материалов, чувствительных к нагреву или разрушающихся при сварке или пайке.

10. Хорошие герметизирующие, звуко-, тепло- и электроизоляционные свойства.

11. Стойкость клеев к влаге и химическим реагентам.

12. Универсальность многих клеев позволяет использовать ограниченную номенклатуру клеящих материалов в производстве.

13. Уменьшение электролитической коррозии при склеивании разнородных металлов.

Естественно, клеевые соединения обладают недостатками, главные из них:

1. Необходимость подготовки (очистки) поверхностей перед склеиванием.

2. Длительное время отверждения некоторых клеев приводит к необходимости применения приспособлений для поддержания нагрузки при склеивании.

3. Невозможность получения номинальной прочности соединения сразу же после проведения работ, как это происходит при сварке (необходимость высыхания или отверждения клея).

4. Низкая теплостойкость клеевых соединений.

5. Низкая стойкость некоторых клеев к ударным нагрузкам.
6. Трудность контроля качества неразъемных клеевых соединений.
7. Невозможность демонтажа клеевых соединений.
8. Токсичность и пожароопасность большинства клеевых материалов.
9. Термопластичные клеи имеют склонность к ползучести.
10. Термореактивные клеи имеют низкую прочность на отдир.
11. Невозможно точно определить долговечность клеевого соединения в реальных эксплуатационных условиях.
12. Прочность клеевых соединений ниже, по сравнению со сварными.

Первая операция базового технологического процесса – контроль мастики. Применяется мастика пластизольная поливинилхлоридная для швов EFSEAM PS 1227. Выпускается по техническим условиям, ТУ 2241-008-48677159-2011. Мастика на автозавод поставляется в бочках по 200 литров. Перед поступлением на склад цеха производится контроль целостности упаковки и контроль сертификатов завода-изготовителя, это ООО «ЭФТЕК (Елабуга)» завод мастик и герметиков. Возможно применение импортных мастик.

Со склада мастика поступает на производственный участок, где с ней проводят подготовительные работы. Откручивают крышку и вставляют и накручивают приемный патрубок насоса. Подключают выходной патрубок насоса к рампе распределения мастики по постам нанесения. Затем на поверхность стального образца наносится пробный валик длиной около 100 мм. Наносится пистолетом Пистолет IVATO FG-61, снабженным насадкой D 014550160.

Валик контролируется, диаметр его должен быть равномерным по всей длине, отклонение диаметра не более 15%. Адгезия должна быть равномерной по всей длине. Отсутствие адгезии на участках любой длины недопустимо. После контроля валика начинается нанесение мастики. Поверхность, подлежащая нанесению должна быть очищена ветошью от

пыли и грязи. Затем производится обезжиривание ацетоном с помощью кисти. После чего патрубок пистолета приближают к месту нанесения на расстояние 3...5 мм, нажимают клавишу подачи, и равномерно перемещая следят за равномерным формированием валика. По окончании нанесения вначале отпускают клавишу подачи, затем удаляют пистолет от кузова, и возвращают на подвеску. Проводят операционный контроль нанесения мастики, диаметр валика должен быть равномерным по всей длине, отклонение диаметра не более 15%. Адгезия нанесенного валика должна быть равномерной по всей длине. Отсутствие адгезии на участках любой длины недопустимо.

Главный недостаток базового технологического процесса – низкое качество соединения.

1.3 Анализ возможных вариантов герметизации стыка

Особенность конструкции водостока заключается в том, что он с одной стороны является силовым элементом кузова. С другой стороны должен обеспечивать удаление осадков, попадающих на крышу автомобиля.

Поэтому применено комбинированное соединение рамы заднего окна и стойки боковины, образующих желоб водостока. Нагрузки воспринимают точки, выполненные контактной точечной сваркой, герметизацию обеспечивает герметик.

Рассмотрим возможные варианты герметизации стыка, помимо нанесения мастики, обеспечивающие как прочность соединению, так и герметичность.

С учетом того, что у нас нахлесточное соединение возможен вариант пайки, с целью обеспечить герметичность. При пайке паяемый материал не плавится. Шов при пайке формируется путем заполнения жидким припоем зазора между соединяемыми деталями. Химический состав припоя отличается от химического состава основного металла, поэтому в отличие от

сварки плавлением пайка реализуется при температуре, меньше температуры плавления основного материала [5].

При пайке не происходит плавления кромок соединяемых деталей, что обеспечивает возможность избежать остаточных деформаций изделия. При низкотемпературной пайке обеспечивается сохранность структуры и свойств металла соединяемых деталей неизменными. Перечисленные достоинства являются важными, так как геометрия кузова не будет изменена.

Возможна пайка стали 08 кп самой широкой номенклатурой припоев. Как флюсовая, так и бесфлюсовая. Главным недостатком, не позволяющим рекомендовать технологию пайки является различный химический состав припоя и паяемого металла. С учетом того, что желоб эксплуатируется в условиях воздействия влаги, данное свойство паяного соединения может инициировать коррозию, что недопустимо.

Сварка отливается от пайки, тем что химический состав присадочного материала совпадает с химическим составом основного материала. Это качество является важным, так как исключает коррозионные процессы в кузове.

Однако, из всего многообразия способа сварки нужно выбрать наиболее подходящий для данного изделия.

Традиционно на АвтоВАЗ применяют для сварки кузовных панелей дуговую сварку в среде защитного газа, углекислого.

Способ обеспечивает высокую производительность сварки, мало чувствителен к ржавчине и другим загрязнениям основного металла; за процессом сварки легко наблюдать. Недостаток способа — сильное разбрызгивание металла при больших токах. Данный недостаток является малопривлекательным, так как шов находится, все таки, на виду.

Другой недостаток – большое тепловложение из-за существенной длины сварного шва. Соответственно это может привести к короблению и деформациям, что, в свою очередь, может привести к проблемам при сборке автомобиля.

Помимо варианта дуговой сварки в среде углекислого газа низкоуглеродистые стали успешно свариваются в смеси газов. Данный вариант реализации технологического процесса позволяет существенно нивелировать такой недостаток сварки в среде углекислого газа, как высокую разбрызгиваемость. Однако концентрация энергии и в данном случае низкая, что может привести к деформациям.

Существенного снижения тепловложения можно добиться применяя высококонцентрированные способы нагрева. Например, сварку сжатой дугой.

Данная технология отличается от традиционной дуговой сварки с использованием вольфрамового электрода сжатием дуги потоком плазмообразующего газа в канале сопла горелки. Главные преимущества сжатой дуги – высокая стабильность горения и высокая концентрация энергии в пятне нагрева ($10\text{--}105 \text{ Вт/см}^2$).

Если при свободном горении дуги температура ее столба может достичь 5000-6000 К и форма столба дуги как усеченный конус, рисунок 1.4, а, то при сжатии дуги температура ее растет. Столб дуги при сжатии становится практически цилиндрической формы, рисунок 1.5, б, происходит стабилизация анодного пятна на изделии, сосредотачивается тепловой поток, возрастает проплавление, уменьшается нагрев околошовной зоны.

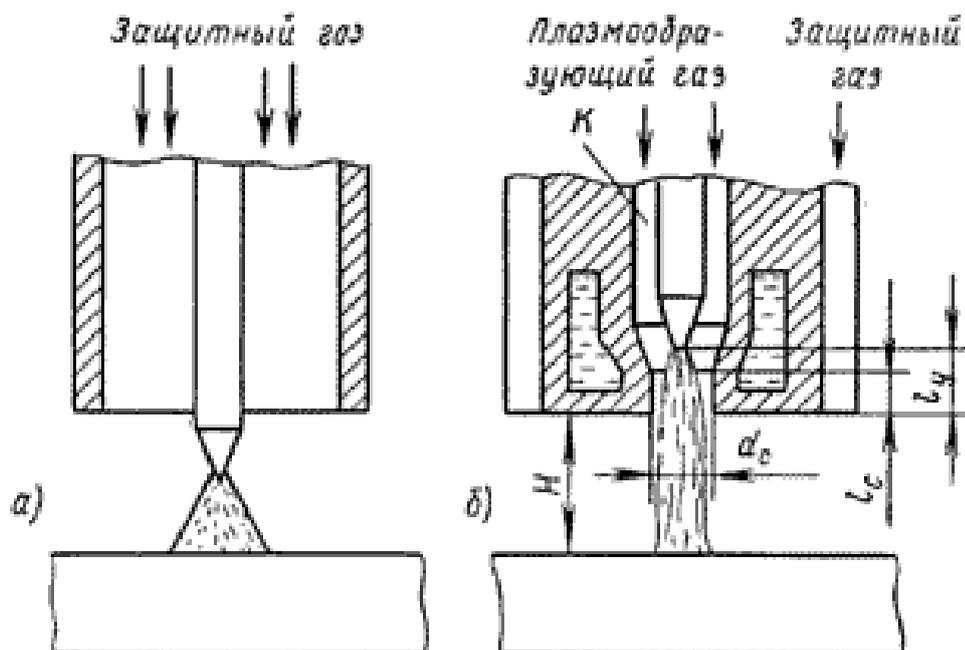


Рисунок 1.4 - Сопло аргонодуговой (а) и плазменной (б) горелок

Расстояние между торцом сопла и изделием рабочее расстояние H . Длина цилиндрической части сопла l_c находится в диапазоне $0.5-2 d_c$.

Вести сварку сжатой дугой можно как на переменном, так и на постоянном постоянном токе. При постоянном токе полярность прямая. Возбуждение дуги производят с помощью осциллятора. Чтобы облегчить возбуждение дуги прямого действия применяют дежурную дугу, которая горит между электродом и соплом горелки. Питания плазмообразующей дуги обеспечивают источники сварочного тока с величиной рабочего напряжения до 126 В и более.

Сжатая дуга позволяет вести сварку практически всех металлов в нижнем и вертикальном положении. Плазмообразующий газа может применяться аргон и гелий. Также они могут выступать в роли защитных. Расход аргона и гелия может составлять 0,2–1,5 л/мин. Важным качеством плазменной сварки является высокая скорость сварки и низкая чувствительность к изменениям длины дуги. Без разделки кромок можно выполнять сварку за один проход металла толщиной до 15 мм. Сваривают сжатой дугой стыковые и угловые швы.

При одинаковой скорости сварки, для плазменного способа сварки нужен ток почти в два раза меньше, если сравнивать с аргонодуговой сваркой. Важным преимуществом является возможность получения более узких сварных швов и с меньшей зоной термического влияния.

При сварке кузова автомобиля это качество является особенно важным, чтобы не была нарушена дальнейшая собираемость автомобиля.

Часто применяют плазменную сварку в процессе производства изделий из тонколистового металла толщиной от 0,05 до 1,5 мм. Толщина соединяемых деталей в области желоба 0,8 мм. Также применяют плазменную сварку если требуется жестко контролировать тепловложение.

Одним из недостатков процесса плазменной сварки является ограниченная величина сварочного тока при неизменных размерах канала сопла: длины l и диаметра d , т.е. дуга сжимается до определенных пределов. Соотношение l/d_c рисунок 1.4, называется калибром и относится к важным характеристикам плазменной горелки. Данное соотношение определяет величину давления сжатой дуги на поверхность сварочной ванны и вероятность двойного дугообразования. При двойном дугообразовании две дуги горят между электродом и соплом одна, соплом и изделием вторая и сопло разрушается.

Уменьшение длины цилиндрической части сопла, уменьшает вероятность двойного дугообразования.

Другим недостатком плазменной сварки является сложность оборудования.

Еще большую концентрацию энергии обеспечивает лазерная сварка. Лазерный луч в сравнении с обычным лучом сета обладает такими качествами, как направленность, монохроматичность и когерентность.

Направленность лазерного луча обеспечивает концентрацию его энергии на небольшом участке. Если обычный свет, состоит из лучей разных частот, то лазерный луч монохроматичен. У него определенная частота и длина волны. Эти качества лазерного излучения позволяют фокусировать

его оптическими линзами на очень малой площади, так как угол преломления лучей в линзе постоянен.

Когерентностью называют согласованное протекание нескольких волновых процессов во времени. некогерентные колебания обычного светового луча обладают разными фазами, и, в некоторых случаях гасят друг друга. При когерентном излучении возникает резонанс, усиливающий мощность излучения.

Благодаря вышеперечисленным свойствам лазерный луч можно сфокусировать на маленькую поверхность и создать на ней плотность энергии около 10^8 Вт/см². За счет столь высокой плотности энергии размер зоны термического влияния при сварке сплавов алюминия меньше, примерно, на порядок чем при дуговой - TIG. Причем размер зоны термического влияния при скорости сварки около 480 м/ч, составляет всего 0,3-0,5 мм [18].

Использование лазеров, как источников тепла при сварке дает возможность: 1- повышения технологичности изготовления деталей; 2- снижения коробления деталей после выполнения сварки; 3 - обеспечить высокие механические характеристики сварного соединения. Лазерная сварка легко поддается автоматизации.

Таким образом, применение лазерной сварки обеспечило бы как высокую производительность процесса, так и возможность повышения качества за счет изменения конструкции изделия.

Однако стоимость лазерных установок существенно выше, чем источников питания для дуговой сварки. Во всяком случае стоимость лазерной установки WD-UNIVERSAL200/300/400 согласно [19] составляет 570 тыс. рублей.

Следует отметить, что одной из важных проблем, возникающей при лазерной сварке металлов и сплавов, характеризующихся высокой отражательной способностью свариваемой поверхности, является необходимость в использовании лазерного излучения большой мощности

(свыше 2 кВт) для перехода от поверхностного к объемному тепловложению. Повышение мощности лазерного излучения влечет за собой увеличение стоимости лазерного оборудования. Применение гибридной лазерно-плазменной сварки алюминиевых сплавов позволяет в 2...4 раза увеличить глубину проплавления по сравнению с лазерной сваркой и примерно в столько же повысить скорость сварки по сравнению с плазменной. При этом важным фактором является использование катодной очистки поверхностей от оксидной пленки [12].

Проявление синергетического эффекта, привязка плазменной дуги к зоне действия лазерного излучения и стабильность процесса высокоскоростной гибридной сварки в большей степени связаны со степенью фокусировки лазерного излучения, чем с длиной его волны.

Гибридная лазерно-плазменная сварка обеспечивает химический состав сварных соединений близкий к составу основного металла, а их временное сопротивление разрыву составляет около 0,9 прочности основного металла, что превышает свойства аналогичных соединений, полученных дуговыми способами сварки.

В то же время структуры сварных соединений алюминиевых сплавов, полученные гибридным способом, имеют более мелкую дисперсность металла шва и узкую зону сплавления по сравнению с дуговыми способами сварки, что приближает их к соединениям, полученным лазерным способом [12].

Таким образом, лазерные технологии сварки обеспечивают плотность энергии больше, чем плазменный луч.

1.6. Задачи работы

Цель настоящей работы – Повышение качества герметизации шва

кузовных панелей боковины и рамы двери задней автомобиля Lada Xray.

Проведенный анализ базового технологического процесса, конструктивных особенностей желоба позволяет рекомендовать для герметизации желоба лазерную сварку. Причем получаемое соединение не только обеспечит герметичность, но и будет воспринимать силовые факторы, действующие на кузов.

Таким образом, сформулируем следующие задачи работы: разработать технологический процесс лазерной сварки; подобрать источник лазерного излучения; выбрать способ манипуляций источником лазерного излучения; подобрать оборудование, обеспечивающее перемещение луча лазера по стыку; обеспечить технику безопасности на участке лазерной сварки; произвести расчет экономической эффективности..

2 Разработка технологического процесса лазерной сварки

2.1 Расчет режимов лазерной сварки

Все методы классической лазерной сварки могут быть объединены в две основные категории: лазерная проникающая сварка или, как иногда ее называют, сварка с перемещающейся порой и конвективная сварка. При этом оба вида обычно осуществляются эндогенно, без добавки к соединению присадочного материала. Лазерная сварка с перемещающейся порой осуществляется с глубоким проплавлением и является наиболее применяемой. В таком процессе лазерное излучение остро фокусируется с целью получения очень высокой плотности мощности (как правило, не менее 1 МВт/см^2) на поверхности детали. В центре рабочего пятна (где плотность мощности наиболее высока) металл испаряется, открывая глухую пору в ванне расплава. Давление испаренного металла внутри этой поры удерживает наружный расплавленный металл и поддерживает пору в течение всего процесса. Небольшой размер поры и окружающей ее зоны результируется в сравнительно малую зону расплава и, соответственно, зону нагрева. Сварные швы, формирующиеся в таком процессе, отличаются относительно большой глубиной и остротой формы.

В том случае, когда критическая температура, необходимая для образования поры испарения, не достигнута, происходит простое расплавление поверхностных слоев. Энергия лазерного излучения практически полностью поглощается вблизи поверхности образца, а теплота передается внутрь образца механизмом конвекции. Сварные швы в таких случаях обычно неглубокие и часто имеют чечевицеобразную. ЗТВ обычно значительно больше, чем при сварке с глубоким проплавлением, и переход от зоны расплава к основному металлу более плавный. При этом ограничено образование мартенсита и, как правило, легкие компоненты металла не

испаряются. Поэтому различия в физических и механических свойствах между основным металлом и зоной расплава минимальны.

Расчеты режимов лазерной сварки

При выполнении сварки лазером, оптика для фокусировки лазерного луча до нужного размера не требуется.

Зная размер сфокусированного пятна можно рассчитать плотность энергии на рабочую поверхность.

Для основного (ТЕМ 00) пучка:

$$S = (4\lambda / \pi) \times (F / D)$$

где:

S = ориентированный диаметр пятна

λ = Длина волны лазера

F = фокусное расстояние объективов

D = Диаметр лазерного луча

Для многомодового пучка:

$$S = F \cdot \Phi$$

где:

F = фокусное расстояние объективов

Φ = Дивергенция лазерного луча

Если предположить, что свариваемые детали, как полу бесконечно твердые, с постоянным потоком тепла, то распределение температуры в зависимости от глубины в материал рассчитывается так:

$$T(X, T) = (2E / K) \times [(тыс. т / \pi) \cdot \exp(-x^2 / 4kt) - (x / 2) \operatorname{ERFC}(x / 2 (тыс. т)^{1/2})]$$

где:

T(X, T) = Температура на расстоянии «x» ниже рабочей поверхности, в то время «t» после начала постоянного ввода тепла

E = постоянный входной поток тепла

K = теплопроводность

k = температура проводимости

x = глубина под поверхностью

T = время после запуска тепла поток

ERFC = бесплатная функция ошибок

и на поверхности ($x = 0$), повышение температуры будет:

$$T(x, T)_{x=0} = (2E / K) \times (\text{тыс. } T /)^{1/2}$$

3 Организация участка лазерной сварки

В настоящее время в промышленном производстве для сварки используют несколько основных видов лазеров. Специфические свойства каждого из этих видов (физические параметры, свойства пучка излучения, стоимость и др.) определяют процесс сварки, в котором эти лазеры могут быть использованы. Наиболее часто встречающимися в сварочном производстве являются углекислотные (CO_2), твердотельные (с ламповой или диодной накачкой) и волоконные лазеры. В последние годы в определенных видах производства значительное распространение получили также и диодные лазеры высокой мощности.

Лазеры с диодной накачкой (DPSS) имеют гораздо более высокую надежность, более длинные интервалы в циклах обслуживания, более низкую стоимость потребляемых материалов и деталей. Однако их начальная стоимость несколько выше, что требует более высоких первичных инвестиций и фактически выравнивает стоимость эксплуатации твердотельных лазеров обоих видов.

Некоторые разработки последнего десятилетия в области технологии мощных диодных лазеров расширили возможности лазерной сварки, равно как и существенно изменили стоимость таких процессов. Как результат, диодные лазеры нового поколения заменяют традиционные источники лазерного излучения во многих, уже устоявшихся, промышленных технологиях, включая сварку. Естественное прямоугольное сечение пучка, излученного диодной матрицей, легко трансформируется в полосу. Сфокусированный в виде линии пучок имеет идеальную форму для непрерывной шовной сварки. По контрасту процессы вольфрамовой дуговой сварки или традиционной лазерной сварки сопровождаются формированием на поверхности изделия пятна — источника нагрева в виде окружности с неравномерным распределением (градиентом) температуры. Геометрия пятна

нагрева, формируемого с помощью диодного лазера с равномерным распределением энергии и, соответственно, незначительным теплоотводом из-за малой по размеру границы контакта лазерного излучения с холодным металлом вне зоны сварки позволяет превзойти эти процессы по многим параметрам.

Выбираем лазер SCANSONIC. Для проведения манипуляций лазером по сравнительно сложному по конфигурации сварному шву применим промышленный программируемый манипулятор – робот, рисунок 3.1..



Рисунок 3.1 – Лазер на манипуляторе.

Наибольшее распространение на АвтоВАЗе получили промышленные манипуляторы серии ARC Mate (FANUC Robotics).

Анализ манипуляторов, применяемых на АвтоВАЗе, позволяет сделать выбор в пользу манипулятора AM 120iB, рисунок 3.2, предназначен для сварки нелегированных, низколегированных и высоколегированных сталей, а также цветных металлов. Метод сварки в среде защитных газов применяется при электродуговой сварке. По сравнению с другими он имеет следующие

преимущества: высокая скорость перемещения схвата (до 22 м/мин); охват манипулятором как раз тех зон, которые нам необходимы.

Arc Mate 120iB

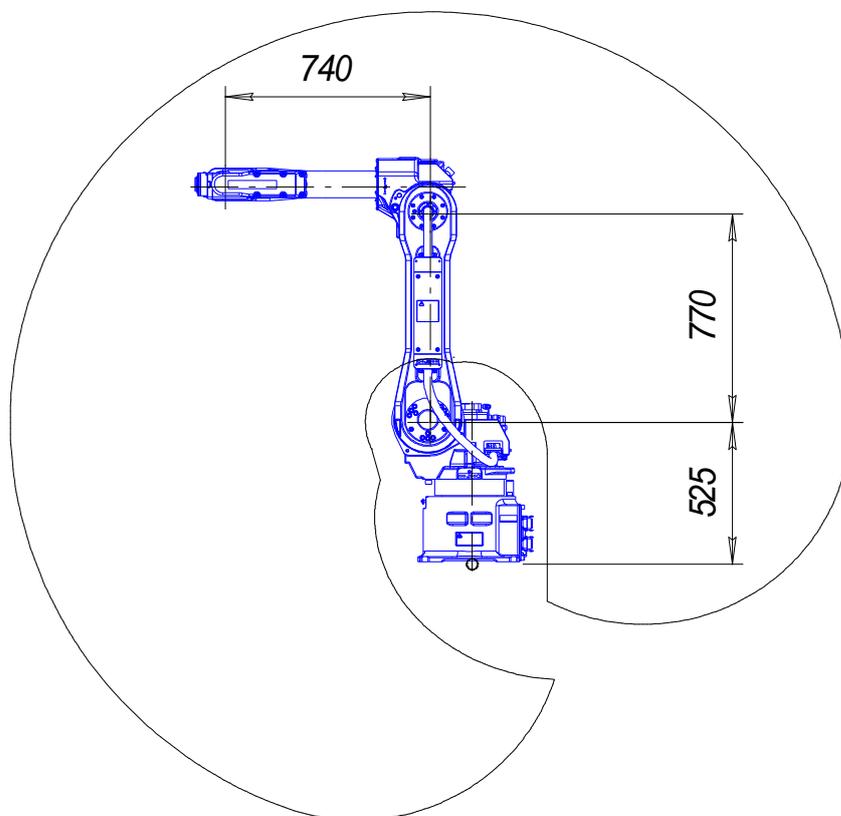


Рисунок 3.2 - Манипулятор робота AM 120iB (FANUC)

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема выпускной работы бакалавра: « Технология сборки и сварки лазером боковины автомобиля XRAY ».

Проектный технологический процесс сварки лазером планируется к внедрению на производственном участке, технологический паспорт которого представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технология	Операция, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сварка боковины	Входной контроль сварка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Лазер SCANSONIC, манипулятор AM 120iB	Кузов автомобиля из стали 08 кп.

4.2 Идентификация профессиональных рисков.

Технологический процесс сварки лазером сопряжен с опасностями, вызванными различными причинами. Опасности могут привести человека как к временной так и к полной нетрудоспособности. Все зависит от стечения обстоятельств, от интенсивности воздействия.

При лазерной сварке ферм можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: в воздухе у рабочей зоны повышено содержание озона, оксидов азота и аэрозолей, состоящих преимущественно, из оксидов металлов; повышенная температура поверхностей деталей и узлов фермы; повышенное напряжение в электрической цепи; наличие на производственном участке яркого излучения [16].

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами проведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Сварка боковины, контроль сварных соединений и геометрии изделия.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях кузова, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенная пульсация светового потока;	Кузов в сборе, лазер, манипулятор

4.3 Средства снижения рисков

Приемы и средства уменьшения действия опасных и вредных производственных факторов на рабочих производственного участка рассмотрим в таблице 4.

Таблица 4.3 – Средства уменьшения действия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.	
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	вентиляция	респираторы
3	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;		Спецодежда, перчатки
4	повышенная температура воздуха рабочей зоны;	вентиляция	
5	повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	
6	повышенная пульсация светового потока;	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика
7	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях кузова		Перчатки, спецодежда.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сварки

Пожаром называется неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государства [16] .

На участке сварки лазером не исключена вероятность возникновения пожара. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварки лазером	лазер, манипулятор	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плану эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности, создание добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического

объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта,	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву,)
Сварка	лазер, манипулятор	газообразные частицы; сажа;	Утечка масла, смазывающего шарниры манипулятора.	упаковка от сварочной проволоки, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установить в систему вентиляции участка фильтры, которые улавливают частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Установка фильтров для исключения проникновения масла в воду

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела ВКР были выявлены опасные и вредные производственные факторы при лазерной сварке кузова автомобиля.

Анализ возможности их устранения показал, что используя стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства, можно обеспечить безопасность работников сварочного участка при внедрении в производство разработанных в бакалаврской работе технологических решений.

Специальные и дополнительные средства защиты не нужны.

5 Экономическая эффективность проекта

Базовый вариант герметизации стыка источником высококонцентрированного нагрева, плазмой, обладает низкой производительностью. Поднять производительность можно применив еще более высококонцентрированные источники энергии, лазер. В ходе выполнения выпускной работы бакалавра альтернативой базовому варианту выбран способ лазерной сварки и разработана технология сварки. Проведем сравнительную оценку данных способов с точки зрения экономических показателей. К особенностям расчета отнесем то, что сварка ведется без присадочной проволоки.

5.1. Исходные данные для расчетов

Необходимые для проведения расчетов данные занесены в таблицу

5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для расчета

№ п/п	Показатель	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базовый	Проектн.
1	2	3	4	5	6
1	Цена аргона	Цзг	Руб/М ³	100	-
2	Программа годовая	Нпр	Шт	200000	200000
4	Кэф. доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Кэф. отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Норма отчислений на социальные нужды	Ксн	%	30	30
7	Цена оборудования	Цоб	Руб	30000	200000
8	Кэф. полезного действия установки	КПД	-	0,8	0,5
9	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
10	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
11	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
12	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
13	Коэф. Учитыв. Затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	%	2	2
14	Нормативный коэф. экономической эффективности дополн. кап. вложений	Ен	-	0,33	0,33
15	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
16	Коэф. цезовых расходов	Кцех	%	2,5	2,5
17	Коэф. общезаводских. расходов	Кпроизв	%	1,8	1,8
18	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
19	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	57,55	57,55
20	Коэф. транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05

5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки

Штучное время определим по формуле:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{n-з}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_м$ – основное (машинное) время.

$t_в$ – вспомогательное время $t_в = 10\%$ от t_0 .

$t_{отл}$ – время на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – время обслуживания рабочего места $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от t_0 .

Машинное время автоматической сварки кузова определим по формуле:

$$t_o = \frac{L_{ш}}{V_{св}}, \quad (5.2)$$

где: $V_{св}$ – скорость сварки, плазма 0,375 м/мин, лазер 0,5 м/мин;
 $L_{ш}$ – длина швов в изделии, м;

База

$$t_{об} = \frac{0,3}{0,375} = 0,8 \text{ мин.}$$

Проект

$$t_{пр} = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ мин.}$$

Штучное время, базовый вариант

$$t_{штб} = 0,04 + 0,8 + 0,08 + 0,04 + 0,064 + 0,01 = 1,034 \text{ мин} = 0,017 \text{ час.}$$

Штучное время, проектный вариант

$$t_{штпр} = 0,03 + 0,6 + 0,06 + 0,03 + 0,048 + 0,01 = 0,778 \text{ мин} = 0,012 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.3)$$

где: $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_з \quad (5.4)$$

где $\sum C_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_з$ – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.5)$$

где: $N_{пр}$ – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$ – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

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

Для выполнения принятой $N_{пр}$ принимаем целое число единиц оборудования ($n_{об.прин}$).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_з = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.6)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.н}) \quad (5.7)$$

где: D_k – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$D_{пр}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$k_{р.н}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку

(0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 2 * (1 - 0,06) = 3624 \text{ час.}$$

$$n_{об.расчетн} = \frac{200000 * 1,034}{3624 * 60} = 0,95 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{200000 * 0,778}{3624 * 60} = 0,71 \text{ шт}$$

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,95}{1} = 0,95$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,71}{1} = 0,71$$

$$K_{\text{прб}} = 30000 * 0,95 = 28500 \text{ рублей.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 200000 * 0,71 = 142000 \text{ рублей.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.8)$$

$K_{\text{монт}}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.9)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 200000 * 0,2 = 40000 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{дем}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.10)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

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

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_{\text{з}} \quad (5.11)$$

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

$$K_{\text{площ}} = 3 * 3000 * 3 * 0,12 = 5400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 5400 \text{ рублей.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 142000 + 20000 + 6000 + 5400 = 173400 \text{ рублей.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.12)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 28500 / 200000 = 0,14 \text{ рублей.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 173400 / 200000 = 0,86 \text{ рублей.}$$

5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов сварки кузова

Расходы на сварочные материалы

В базовом варианте аргон

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} * N_{\text{з.г.}} \quad (5.13)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – цена аргона, руб/литр;

$N_{\text{з.г.}}$ – норма расхода аргона на 1 метр шва, литр.

Норма расхода аргона определится:

$$N_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} * L + U_{\text{доп.}} \quad (5.18)$$

где $Y_{\text{з.г.}}$ – удельная норма расхода аргона на 1 метр шва, по данным автозавода, л.

$$Y_{\text{з.г.}} = q_{\text{зг}} * t_0 \quad (5.19)$$

где $q_{\text{зг}} = 10$ л/мин;

$$Y_{\text{з.г.}} = 10 * 0,8 = 8 \text{ л.}$$

$U_{\text{доп.}}$ – дополнительный расход, м³.

$$U_{\text{доп.}} = t_{\text{всп}} * q_{\text{зг}} \quad (5.20)$$

где $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время, требуемое для продувки шланга, мин;

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

$$U_{\text{доп.}} = 10 * 0,05 = 0,5 \text{ литра.}$$

$$N_{\text{з.г.б}} = Y_{\text{з.г.}} * L + U_{\text{доп.}} = 8 * 0,3 + 0,5 = 2,9 \text{ литра}$$

$$Z_{\text{з.г.}} = 0,1 * 2,9 = 0,29 \text{ рублей.}$$

Затраты на электроэнергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{об}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.30)$$

где $P_{об}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность оборудования определяем по режимам сварки: сила тока и напряжение,

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

Тогда

$$Z_{э-эб} = \frac{2,76 \cdot 0,013}{0,7} 2,2 = 0,11 \text{ рублей.}$$

$$P_{обпр} = 1000 \text{ Вт} = 1 \text{ кВт}$$

Тогда

$$Z_{э-эпр} = \frac{1 \cdot 0,01}{0,5} 2,2 = 0,04 \text{ рубля.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{сж.возд} \quad (5.32)$$

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

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

$Z_{в.тех}$ – затраты на воду техническую;

$Z_{сж.возд}$ – затраты на сжатый воздух.

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * N_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100}$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{обб} = \frac{30000 \cdot 0,017 \cdot 18}{3624 \cdot 100} = 0,02 \text{ рублей}$$

$$A_{обпр} = \frac{200000 \cdot 0,012 \cdot 18}{3624 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ рубля}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.33)$$

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

$$P_{т.р.б} = \frac{30000 * 35 * 0,95}{3624 * 100} = 2,75 \text{ рублей.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{200000 * 35 * 0,71}{3624 * 100} = 13,71 \text{ рублей.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{обб} = 0,01 + 2,75 = 2,76 \text{ рубля.}$$

$$З_{обпр} = 0,02 + 13,71 = 13,73 \text{ рублей.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{пл} = \frac{Ц_{пл} * S_{пл} * H_{ампл} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.34)$$

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

$H_{ампл}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

$$З_{пл} = \frac{3000 * 8 * 2 * 0,017}{3624 * 100 * 60} = 0,06 \text{ рубля.}$$

$$З_{пл} = \frac{3000 * 11 * 2 * 0,012}{3624 * 100 * 60} = 0,08 \text{ рублей.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих и отчисления на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\Phi ЗП = ЗПЛосн + ЗПЛдоп.$$

Затраты на основную заработную плату.

$$ЗПЛосн = t_{шт} \cdot Сч \cdot k_{зпл}$$

где Сч – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$ – норма штучного времени, час;

$k_{зпл}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,81.

$$ЗПЛоснб = 0,017 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 1,77 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛоснпр = 0,012 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 1,24 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн}$$

где $k_{д}$ – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛдопб = 1,77 \cdot 10 / 100 = 0,17 \text{ рубля.}$$

$$ЗПЛдоппр = 1,24 \cdot 10 / 100 = 0,12 \text{ рубля.}$$

$$\Phi ЗПб = 1,77 + 0,17 = 1,94 \text{ рубля.}$$

$$\Phi ЗПпр = 1,24 + 0,12 = 1,36 \text{ рубля.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$Осн = \Phi ЗП \cdot Нсоц / 100 \quad (5.36)$$

где Нсоц – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Базовый

$$Оснб = 1,94 \cdot 30 / 100 = 0,58 \text{ рублей.}$$

Проектный

$$Оснпр = 1,36 \cdot 30 / 100 = 0,40 \text{ рублей.}$$

5.4.6 Технологическая себестоимость.

$$С_{тех} = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зплощ + \Phi ЗП + Осн \quad (5.37)$$

$$C_{ТЕХ}^{БАЗ} = 0,29 + 0,11 + 2,76 + 0,06 + 1,94 + 0,58 = 5,74 \text{ рублей.}$$

$$C_{ТЕХ}^{ПР} = 0 + 0,04 + 3,73 + 0,08 + 1,36 + 0,40 = 5,61 \text{ рублей.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{цех} = C_{тех} + R_{цех}; \quad (5.38)$$

где $R_{цех}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{цех} = Z_{осн} \cdot K_{цех} / 100 \quad (5.39)$$

где $K_{цех}$ – коэффициент цеховых расходов, %;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{ЦЕХ}^{БАЗ} = 5,74 + 1,77 * 2,5 = 5,74 + 4,24 = 10,17 \text{ рублей.}$$

$$C_{ЦЕХ}^{ПР} = 5,61 + 1,24 * 2,5 = 5,61 + 3,1 = 8,71 \text{ рублей.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{произв} = C_{цех} + R_{произв} = C_{цех} + K_{зав} \cdot Z_{осн} / 100 \quad (5.40)$$

где $R_{зав}$ – сумма заводских расходов, руб.

$K_{зав}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{ПРОИЗВ}^{БАЗ} = 10,17 + 1,77 * 1,8 = 10,17 + 3,18 = 13,35 \text{ рублей.}$$

$$C_{ПРОИЗВ}^{ПР} = 8,71 + 1,24 * 1,8 = 8,71 + 2,23 = 10,94 \text{ рублей.}$$

Калькуляция себестоимости изделия

Таблица 5.3 - Калькуляция себестоимости

№ п/п	Статьи затрат	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	проект
1	Материалы	ЗМ	0,29	-
2	Электроэнергия	Зэ-э	0,11	0,04
3	Заработная плата	ФЗП	2,69	1,81
4	Отчисления на социальные нужды	Осн	0,58	0,40
5	Расходы на оборудование	Зоб	2,76	3,73
6	Расходы на площади	Зпл	0,06	0,08
	Себестоимость технологическая	Стех	5,74	5,61
7	Цеховые расходы		4,24	3,10
	Себестоимость цеховая	Сцех	8,71	10,17
8	Заводские расходы		3,18	2,23
	Себестоимость заводская	Сзав	13,35	10,94

5.4 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта

От снижения себестоимости изготовления боковины получим прибыль:

$$\text{Прож} = \text{Э}_{у.г.} = (C_{3AB}^{IP} - C_{3AB}^{BA3}) \cdot N_{г} \quad (5.41)$$

$$\text{Э}_{у.г.} = (13,35 - 10,94) \cdot 200000 = 482000 \text{ рублей.}$$

Годовой экономический эффект

Форму расчета эффекта следующая:

$$\text{Э}_{г} = [(C_{3AB}^{IP} + E_{н} \cdot K_{удБ}) - (C_{3AB}^{BA3} + E_{н} \cdot K_{удПР})] \cdot N_{г} \quad (5.45)$$

$$\text{Э}_{гп} = [(13,35 + 0,33 \cdot 0,14) - (10,94 + 0,33 \cdot 0,86)] \cdot 200000 = 438560 \text{ руб.}$$

Срок за который окупятся капитальные вложения

$$T_{ок} = \frac{K_{ОБЩ}^{IP}}{Pr_{ОЖ}} \quad (5.46)$$

$$T_{ок} = \frac{173400}{482000} = 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2 > E_{н.}$$

5.5 Снижение трудоемкости и повышения производительности труда при лазерной сварке

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,017 - 0,012}{0,017} \cdot 100\% = 30\%$$

Снижение трудоемкости произошло за счет повышения скорости сварки

Повышение производительности труда определим

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.48)$$

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 30}{100 - 30} = 42\%$$

Выводы по экономическому разделу

Капитальные вложения составят 173400 руб. Срок их окупаемости, примерно, 0,5 года. Годовой экономический эффект составит 438560 руб. Коэффициент сравнительной экономической эффективности составит 2 он превышает нормативный, следовательно технические предложения можно внедрять в производство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса герметизации шва боковины и рамы багажника показал, что присущие ему недостатки обусловлены жесткими требованиями к комбинированному соединению – контактная сварка и мастика.

Предложено применить высококонцентрированные способы сварки, чтобы собираемость кузова была на должном уровне.

Выбрана лазерная сварка.

Разработан технологический процесс лазерной сварки с применением лазера СКАНСОНИК.

Применение лазерной сварки по предложенной технологии позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на основные и вспомогательные материалы.

Предполагается получить годовой экономический эффект в размере 438560 руб. Цель проекта достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
2. 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.
3. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
4. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
5. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
6. 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.
7. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
8. 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.
9. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
10. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.

11. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
12. Кривцун И. В., Шелягин В. Д., Хаскин В. Ю., Шулым В. Ф., Терновой Е. Г. Гибридная лазерно-плазменная сварка алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка, 2007, № 5, с.49-53
13. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
14. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
15. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
16. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
17. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
18. Шахов С.В. Технологические и металлургические особенности лазерной сварки современных авиационных алюминиевых сплавов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва: - 2007. – 18 с.
19. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
20. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.

21. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
22. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
23. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
24. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
25. 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.