

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в

машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Ремонтная сварка алюминиевых литых и кованных автомобильных  
дисков

Студент

Н.В. Шотемуров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

П.Н. Селянин

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## Аннотация

Цель настоящей работы – уменьшение стоимости восстановления поврежденных легкосплавных дисков колес.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- осуществлен выбор режимов сварки;
- разработана технология восстановления дисков плазменной дуговой сваркой;
- проанализировано и выбрано оборудование для реализации разработанной технологии;
- разработаны мероприятия по обеспечению безопасности жизни и здоровья производственного персонала;
- проведено экономическое обоснование предложенных технических решений.

Пояснительная записка содержит 58 стр., 15 рисунков, 12 таблиц.

Предложено для восстановления дефектных дисков колес из алюминия и его сплавов применить сварку плазменной дугой. Подобран присадочный материал – проволока АК12М2, режимы сварки.

Разработан типовой технологический процесс.

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов разработаны мероприятия.

Ожидаемый экономический эффект составит 101130 руб.

## **Abstract**

The purpose of this work is to reduce the cost of repairing damaged alloy wheels.

To achieve this goal, the following tasks were solved in the work:

- welding modes are selected;
- a technology for restoring disks by plasma arc welding has been developed;
- analyzed and selected equipment for the implementation of the developed technology;
- measures have been developed to ensure the safety of life and health of production personnel;
- the economic justification of the proposed technical solutions was carried out.

The explanatory note contains 58 pages, 15 figures, 12 tables.

It is proposed to use plasma arc welding to restore defective wheel disks made of aluminum and its alloys. Selected filler material-AK12M2 wire, welding modes.

A standard technological process has been developed.

Measures have been developed to protect against dangerous and harmful production factors.

The expected economic effect will be 101130 rubles.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	7
1.1 Описание легкосплавных дисков .....	7
1.2 Анализ свойств материала диска.....	9
1.3 Дефекты дисков, возникающие в процессе их эксплуатации .....	10
1.4 Базовый технологический процесс ремонта .....	15
1.5 Анализ научных разработок по теме работы .....	17
1.6 Задачи работы.....	21
2 Проектная технология ремонта .....	23
2.1 Выбор оборудования.....	23
2.2 Обоснование технологических режимов.....	24
2.3 Технология ремонта дисков .....	29
3 Безопасность и экологичность проектного технологического.....	31
процесса.....	31
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	35
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	37
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии .....	39
4.1 Исходная информация для выполнения экономической.....	39
оценки предлагаемых технических решений.....	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	41
4.3 Расчет нормы штучного времени на операции ремонтной сварки.....	42
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии .....	44
.....	44
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии .....	48
.....	48
4.6 Показатели экономической эффективности.....	51

Заключение .....	54
Список используемой литературы и используемых источников.....	55

## Введение

Подавляющее большинство современных транспортных наземных средств оснащено колесным двигателем. Для работ в специфических условиях применяют гусеничный двигатель. Материалом, из которого изготавливались колеса первых автомобилей, было дерево. В настоящее время колесо автомобиля выполнено из металла – диск и резины – шина.

На диск надевается шина и он крепится при помощи болтов к ступице колеса. Наибольшее распространение нашли стальные диски. Однако все чаще применяют диски из сплавов цветных металлов.

Наряду с достоинствами, такими как меньший вес, лучшие декоративные характеристики, для дисков из сплавов цветных металлов недостатком является чувствительность к повреждениям в условиях плохих дорог.

Следовательно актуальность темы ВКР обусловлена таким противоречием. С одной стороны преимущества легкосплавных дисков перед стальными ведут к их все более широкому распространению. С другой стороны, состояние дорожной сети в Самарской области и на остальной территории России способствует повреждаемости дисков, а ремонт легкосплавного диска обладает целым рядом особенностей, по сравнению с традиционным, стальным.

Для восстановления дефектного стального диска зачастую достаточно обработки давлением, то ремонт дефектного легкосплавного диска требует применения сварки. Однако для сварки сплава цветного металла требуется применение специальных технологических приемов. За счет этого технологии восстановления диска из легкого сплава характеризуются высокой стоимостью.

Цель настоящей работы – уменьшение стоимости восстановления поврежденных легкосплавных дисков колес.

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

### **1.1 Описание легкосплавных дисков**

Главное достоинство дисков из сплавов цветных металлов – их меньший вес. За счет этого уменьшается масса неподрессоренных частей автомобиля. По этой причине улучшается плавность хода автомобиля. Кроме того, легкие колеса на автомобиле способствуют улучшению устойчивости и управляемости транспортным средством. Также улучшается динамика автомобиля, оснащенного легкосплавными колесами, уменьшается расход топлива. Другим преимуществом легкосплавных дисков являются их эстетические характеристики, множество вариантов дизайнерских решений, рисунок 1., рисунок 2.



Рисунок 1 – Диски легкосплавные



Рисунок 2 – Диски легкосплавные

В зависимости от технологического процесса производства легкосплавные диски классифицируются на кованные и литые. Первые производятся способом горячей штамповки иликовки, а вторые — методом литья под давлением. Методами литья изготавливают около 95% дисков. Преимущества литых дисков — высокий коэффициент использования материала и высокая точность размеров изготовленного диска

Для изготовления легкосплавных дисков применяют, в основном, алюминий и магний. Хорошими характеристиками обладают диски из титана, но они дороги.

Недостатки литого диска — низкая прочность, обусловленная структурными особенностями получения литых деталей. Для литого диска из алюминиевого сплава дополнительной операцией является термообработка — нагрев до температуры (500-550°С), выдержка и охлаждение в воде.

Диски после закалки отправляют на операцию механической обработки, затем наносят покрытия.

Дополнительно облегчить литые диски можно применив в качестве конструкционного материала сплавы магния. Плотность магния составляет 1,7 г/см<sup>3</sup>, поэтому удельная прочность таких дисков больше, чем алюминиевых. Но коррозионная стойкость магния невелика, поэтому такие диски нуждаются в нанесении специальных покрытий.

Устранить низкую прочность дисков можно применив вместо технология литья ковку. Такие диски при ударах деформируются, а не лопаются.

## **1.2 Анализ свойств материала диска**

Алюминий обладает температурой плавления  $660^{\circ}\text{C}$ . Плотность алюминия составляет -  $2,7 \text{ г/см}^3$ , что в 2,8 раза меньше плотности железа. Однако предел прочности технически чистого алюминия составляет 50 МПа. Поэтому в качестве конструкционных материалов применяют сплавы алюминия. Сплавы классифицируют на деформируемые и литейные. Из деформируемых сплавов технологиями обработки материалов давлением можно получить как полуфабрикаты, так готовые детали. Литейные сплавы применяют для получения деталей технологиями литья.

Наиболее часто применяют сплавы алюминия и кремния. Сплав АК7ч содержит помимо алюминия 6-8% кремния, до 1,5% железа, и доли процента меди, цинка, марганца и магния. При этом предел прочности отливок из данного сплава находится в пределах 140-220 ПМа.

Сплав АК12М2 содержит большее количество кремния – 12%. Кроме кремния он содержит 2% меди, 0,7% железа и доли процентов титана магния цинка. Он классифицируется как литейный. Прочность его, если отливка получена технологией литья под давлением, составляет 260 МПа.

Поскольку ремонт поврежденных дисков выполненных из алюминиевых сплавов выполняют, в основном, сваркой, следует рассмотреть такое технологическое свойство алюминиевых сплавов как свариваемость.

Определенные сложности для сварщиков представляет то, что алюминий не изменяет свой цвет при нагреве. Сложно оценить температуру нагрева.

Сопротивление действию внешней среды алюминиевых сплавов обеспечивает прочная и плотная пленка оксида алюминия, препятствующая

контакту сплава со средой. Но данная пленка создает помехи при сварке алюминия.

алюминий успешно соединяется сваркой способом газопламенной сварки. Уже упомянутая пленка оксида алюминия удаляется с помощью флюсов на основе хлоридов натрия, калия, лития. Например, флюс АФ-4А. Флюсы наносят на свариваемые кромки или нагретую сварочную проволоку в виде порошка или пасты, приготовленной на воде или спирте.

Также успешно алюминий соединяют технологией дуговой сварки штучными электродами. Для удаления окисной пленки в состав покрытия электродов для ручной дуговой сварки вводят хлористые и фтористые соли щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти вещества и обеспечивают качественную сварку.

Но наибольшее распространение нашла в промышленности сварка дугой, горящей в аргоне между изделием и неплавящимся, вольфрамовым, электродом.

Конечно, при сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимостью применения осцилляторов для возбуждения дуги.

«Однако у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, постоянство длины дуги при выполнении сварного соединения. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того, при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплавляемый металл без потерь» [21].

### **1.3 Дефекты дисков, возникающие в процессе их эксплуатации**

Плохое, особенно весной, состояние дорожного покрытия в России является достаточно частой причиной повреждаемости легкосплавных

дисков. Особенно жесткий удар при попадании в выбоины и иные дефекты дорожного покрытия получают диски с установленными на них низкопрофильными шинами. Изменяется геометрия диска, появляются вмятины, трещины. Бывает, что фрагмент диска откалывается. Такие диски подлежат замене или ремонту.

Также возможны такие повреждения, не влияющие на эксплуатационные показатели, как ухудшение внешнего вида и износ покрытия. Диски с данными дефектами можно продолжать эксплуатировать на автомобиле.

Фотографии недопустимых дефектов, вмятины, разрывы, сколы обода, приведены на рисунках 3 - 8.



Рисунок 3 – Вмятина диска



Рисунок 4 - Вмятина диска



Рисунок 5 – Вмятина диска



Рисунок 6 – Вмятина диска



Рисунок 7 – Скол диска



Рисунок 8 – Разрыв диска

Показанные на фотографиях повреждения дисков без особых проблем устраняются. Сначала определяют нарушения геометрии диска на стенде. Затем диск изучается на предмет наличия видимых и невидимых трещин.

После диагностики начинается ремонт. Вмятины, рисунок 3 - 6, появившиеся на диске в процессе эксплуатации исправляют обработкой давлением.

Для исправления таких дефектов как разрывы и сколы требуется применение дуговой сварки. Важным моментом здесь является выбор присадочной проволоки. Химический состав проволоки должен соответствовать химическому составу поврежденного диска. Если удастся найти не подлежащий ремонту поврежденный диск той же серии, его можно порезать на присадку.

Достаточно сложный дефект - трещина. Для ремонта трещин также используют технологию дуговой сварки.

## 1.4 Базовый технологический процесс ремонта

Ремонт повреждений дисков начинается с дефектации. Сначала выполняется очистка диска от загрязнений.

Эффективную очистку обеспечивают препараты МЛ-51 или МЛ-52. Очистка должна производиться при повышенных температурах, 75...80°C в течении 30-40 минут.

После очистки дефектовщик выполняет осмотр дисков и определяется с выбором метода ремонта выявленных дефектов.

Затем с дефектным диском проводят работы по подготовке к сварке. Дефектное место механически зачищают. Зачистке подлежит сам дефект и окружающее пространство на расстоянии 20 мм и более от края дефекта.

Затем выполняется важная при сварке алюминия и его сплавов операция обезжиривания. Обезжириванию подлежит весь диск. Для чего применяют ванну соответствующих размеров и раствор для обезжиривания. Время нахождения диска в растворе 5 минут, температура раствора 70°C. Следующая операция травление. Для травления диска применяем реактив состава вода и в ней 5% щелочи КОН или NaOH. После травления выполняется промывка дефектного диска сначала горячей водой затем холодной.

Устранение трещин дуговой сваркой выполняется без присадочной проволоки. Такие дефекты как сколы и раковины требуют использования присадки. Для подготовки присадочной проволоки применяют операцию травления в реактиве состава 10% едкого натрия, 20% фтористого натрия остальное вода. Время травления – 1 минута. После травления присадочной проволоки ее промывают в воде, затем нейтрализуют остатки реактива для травления раствором состава 25% азотной кислоты, остальное вода, в течение 1-3 минут. Подготовленный диск промывается водой и просушивается.

К сварке приступать не позднее чем через 24 часа после операций травления присадочной проволоки и обезжиривания и травления диска. Непосредственно перед сваркой необходимо зачистить свариваемые участки металлической щеткой.

Источник питания использовать ВДГИ-302 с приставкой типа ППС-01.

«Одно из требований к неплавящемуся электроду – исключение попадания материала электрода в сварной шов. Поэтому материал, из которого изготовлен неплавящийся электрод, должен обладать высокой температурой кипения. Температура плавления вольфрама составляет 3422°C. По температуре плавления уступает лишь углероду, с той поправкой, что углерод не плавится, а возгоняется. Температура кипения 5555°C самая высокая среди исследованных элементов таблицы Менделеева. Попытки замены вольфрама другим, более дешевым материалом пока не увенчались успехом» [21].

«Поэтому, в основном, неплавящиеся электроды изготавливают из вольфрама. Реже применяют графит» [21].

«Неплавящиеся вольфрамовые электроды предпочтительно применять с добавками тория, оксида иттрия, лантана. Важным преимуществом для нашего случая является легкость зажигания дуги и стабильность ее горения. Неплавящиеся электроды применим WL диаметром 2 мм. Лантанированные электроды хорошо работают на низких, средних и больших токах, а также требуют на 10–15% меньшую силу тока для обеспечения поджига дуги. Кроме того, по сравнению с торированными они не радиоактивны. Стойкость лантанированного вольфрамового электрода превосходит торированные и церированные. Лантанированные электроды обозначают ЭВЛ» [21].

Диаметр неплавящегося электрода принимаем 2,0-3,0 мм.

«Как было сказано ранее от заточки вольфрамового электрода во многом зависит качество сварного соединения. Согласно требований, заточку будем производить мелкозернистыми твердыми дисками» [21].

«Подача присадочной проволоки при сварке методом TIG осуществляется сварщиком вручную. Присадочная проволока при сварке алюминия методом TIG применяется диаметром от 1 до 3 мм. Однако увеличение диаметра присадки до 3 мм нежелательно, так как для плавления такой проволоки следует увеличивать силу сварочного тока, как следствие происходит увеличение сварочной ванны и перегрев металла. Кроме того, защита сварочной ванны ухудшается» [21]. Принимаем диаметр присадочного прутка 1,6 мм.

Наплавку на дефектные места производим по режимам рекомендуемым в работе [12] Исв – 90...100 А, напряжение на дуге 20...25 вольт, расход защитного газа 5...8 литров в минуту.

«Нельзя сразу после погашения дуги выключать защитный газ, так как разогретый вольфрам мгновенно окислится, и на его поверхности могут образоваться раковины» [21].

«По окончании сварки и охлаждения диска выполняется 100% визуально-измерительный контроль наплавленного места. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения. На месте контроля должен быть обеспечен требуемый уровень освещенности» [21].

«С учетом ответственности выполняемых сварных соединений и необходимости герметичности получаемого сварного шва применяется еще и капиллярный контроль согласно ГОСТ 18442-80, 100%» [21]. Для капиллярного контроля применяем набор ДМК-4.

### **1.5 Анализ научных разработок по теме работы**

Результаты работы [14] представляют несомненный интерес. Проведены расчеты долговечности и прочности методами компьютерного анализа и проведено сравнение полученных результатов с результатами стендовых испытаний. Целью работы являлась разработка метода расчета

напряженно-деформированного состояния, ресурса и пробега современных легкосплавных колес.

Методику расчета создавали объединив теорию тонких оболочек, численный метод конечных элементов, метод Фурье решения двумерных математических задач и инженерных методов оценки усталостной прочности конструкций. Расчеты по созданной методике проводили на ЭВМ [30].

Для подтверждения правильности расчетов выполняли экспериментальные исследования распределения напряжений и долговечности колеса легкового автомобиля. Материал колеса алюминиевый сплав АК7. Нагрузку на колесо принимали 6671 Н (680 кгс). Радиус шины принимали 357 мм.

С данным колесом проводили статические испытания при нагружении моментом по ступеням. Нагружение проводилось по спице и между спицами.

Основные результаты и выводы по работе следующие.

По разработанной методике выполнены расчеты колес 5,5М3Н2, 6М5Н2 и СО-317 легковых автомобилей и мотоциклов из алюминиевых сплавов АВ, АК7 и МА2-1.

Моделирование показало удовлетворительное согласование расчетных и экспериментальных результатов. Результаты расчета и эксперимента по максимальному уровню напряжения при статическом нагружении не более 10%, по разрушающему числу циклов не более 15%.

На наш взгляд можно применить разработанные Карташовым Н.С. математические модели для оценки работоспособности и прочности восстановленных дисков.

Также к теме работы относится исследование [18]. Разумеется, при сварке требуется тепловложение в восстанавливаемое колесо, поэтому появятся остаточные напряжения. В работе [18] показано, что остаточные напряжения снижают почти в 2 раза усталостную прочность.

Цель работы - совершенствование методов определения остаточных напряжений применительно к автомобильным колёсам и разработка

способов увеличения усталостной прочности автомобильных колес из алюминиевых сплавов.

Остаточные напряжения на поверхности колес исследовали методом стравливания. Из обода колеса вырезали плоские образцы и стравливали напряженные слои реактивом 500 гр. щелочи на 1 литр воды. При этом закрепляли исследуемый образец консольно и по изменению прогиба судили о величине напряжений [33].

Остаточные напряжения в объеме колеса исследовали методом сверления отверстий. Для измерения деформаций в зоне кругового отверстия, применяли метод голографической интерферометрии на установке производство фирмы Ньюпорт, как обладающий высокой чувствительностью. Исследования проводили методами двойной экспозиции и реального масштаба времени.

В результате исследований поверхностных остаточных напряжений, показано, что после механической обработки, возникают растягивающие остаточные напряжения. Максимальных значений напряжения достигают на глубине 0,01 мм. Их величина достигает 320 МПа [33].

Разработаны режимы термообработки колеса: нагрев до температуры 140°C в течении 3,5 часов. При данном режиме остаточные поверхностные напряжения уменьшаются с 320 МПа до 80 МПа. При этом определенные по стандартным методикам механические характеристики материала колеса практически не изменяются.

Проведенные исследования позволили разработать режим упрочнения автомобильного колеса гидродробеструйной обработкой стальными шариками диаметром ~1,6 мм в трансформаторном масле.

Упрочнение гидродробеструйной обработкой повышает предел усталости на 25 %. Отмечен после гидродробеструйной обработки замена растягивающих остаточных напряжений сжимающими [35].

В результате исследований объемных остаточных напряжений, показано, что они имеют растягивающий характер. Распределение объемных

напряжений в глубину следующее. Большие значения в слоях близких к поверхности, и с глубины 1,0 мм резкое снижение. Величина объёмных остаточных напряжений достигает наибольших значений на глубине 0,25 мм, и находится в пределах 288...350 МПа. На глубине 5 мм, составил 6...40 МПа.

Исследования показали, что термическая обработка колёс уменьшает величину объёмных остаточных напряжений в 3,5 раза. Однако характер распределения напряжений по глубине металла не меняется [34].

Расчётным путем показано, что остаточные напряжения уменьшают запас усталостной прочности колёс более чем в 2 раза. Применение термообработки увеличивает запас усталостной прочности колеса в 1,3...2 раза по сравнению с колесом нетермообработанным. Предложения по уменьшению остаточных напряжений в данной работе представляют безусловный интерес.

Работа [36] выполнялась для того, чтобы установить влияние металлургических дефектов на усталостную прочность алюминиевых автомобильных колес, и определить допустимые металлургические дефекты на автомобильных колесах.

Дефекты алюминиевых колес выявляли визуально и путем рентгенографических исследований. Данные методы позволили выявить дефекты в виде раковин, рыхлот и неметаллических включений. В местах с выявленными дефектами вырезали электроэрозионным способом образцы для исследований. Вырезку образцов выполняли так, чтобы обнаруженные дефекты располагались в местах максимальных напряжений при испытаниях на усталостную прочность. Также в местах максимальных напряжений на образцы наклеивали тензодатчики с базой 1 мм [36].

Для проведения исследований применяли электродинамический стенд типа П.646. В процессе исследований на стенде образцы нагружались до разного уровня напряжений и определялось количество циклов нагружения до разрушения. Результаты исследований позволяли определять пределы

усталости образцов с дефектами и без дефектов.

В образцах выявлены такие металлургические дефекты как: раковины, рыхлоты, металлургического включения. Определен характер дефектов и их глубина.

Образцы без металлургических дефектов обладают пределом усталости 67,5 МПа.

Образцы с раковиной диаметром 2 мм, глубиной 1 мм обладают пределом усталости 51 МПа.

Образцы с рыхлотами площадью 15 мм<sup>2</sup>, глубиной 0,03 мм обладают пределом усталости 54 МПа.

Образцы с неметаллургическими включениями площадью 10 мм<sup>2</sup>, глубиной 1,5 мм обладают пределом усталости 46 МПа.

Определены эффективные коэффициенты концентрации напряжений - К. Для раковины - 1,32; для рыхлоты - 1,25; для неметаллического включения - 1,47.

На основании полученных экспериментальных результатов разработана методика определения запасов усталостной прочности с учетом металлургических дефектов и по разработанной методике определены запасы усталостной прочности и критерии допустимости металлургических дефектов на колесах из литейного алюминиевого сплава и допустимые размеры дефектов. Также выявлены зоны, где металлургические дефекты не допускаются.

## **1.6 Задачи работы.**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных процессов при ремонте дефектных алюминиевых дисков автомобильного колеса. Во введении сформулирована цель – уменьшение стоимости восстановления поврежденных легкосплавных дисков колес. Применяемая технология заварки дефектов типа трещина

методом TIG характеризуется малой производительностью выполнения сварочных работ, работой сварщика в тяжёлых условиях, низкой стабильностью качества сварки.

Проанализировав возможные способы устранения таких дефектов легкосплавных колес как трещины и наработки ученых по данной теме останавливаемся на технологии ремонта с применением нагрева сжатой дугой. В качестве присадки рекомендуем припой АЛЮг, обеспечивающий высокую прочность соединения.

Таким образом, к задачам работы относим: подбор устройства для получения плазменной дуги; подбор присадочного материала; выбор параметров режима плазменной сварки; разработку проектного технологического процесса устранения трещин легкосплавных дисков; разработку мероприятий по обеспечению жизни и здоровья производственного персонала; экономическую оценку предлагаемых решений.

## 2 Проектная технология ремонта

### 2.1 Выбор оборудования

«Для реализации технологического процесса плазменной сварки необходим выбор оборудования. Отечественные аппараты отличаются доступностью и простотой» [22]. Среди самых распространенных можно назвать: «Плазар» и «Горыныч».

«Плазар» — переносной аппарат, этому способствуют его портативность и небольшой вес (3 кг + горелка 700 гр.), рисунок 9. «Используемая технология получения плазмы, делает его максимально безопасным. Данный плазмотрон многофункционален, фактически, им можно осуществлять процессы сварки, пайки и резки металлов толщиной от 0,3 мм до 8 мм. Также наносить покрытия, прожигать отверстия, опылять и локально нагревать поверхности» [22].



Рисунок 9 – Аппарат Плазар

## 2.2 Обоснование технологических режимов

«Для выбора режимов сварки, обеспечивающих высокое качество при высокой производительности необходимо проведение комплекса исследований механических свойств сварных соединений. Выбора режимов и присадочной проволоки проведем с использованием указанных в ГОСТ 6996 (далее ГОСТ) методов и приемов исследований сварных швов» [22].

«Согласно ГОСТ установлены такие методы определения механических свойств как:

а) испытание металла различных участков шва и околошовной зоны на растяжение;

б) испытание металла различных участков шва и околошовной зоны на ударный изгиб;

в) испытание металла участков шва и околошовной зоны на стойкость против механического старения;

г) измерение твердости металла участков шва и околошовной зоны;

д) испытание всего сварного соединения, включая основной металл на статическое растяжение;

е) испытание всего сварного соединения на загиб;

ж) испытание участков шва и околошовной зоны на ударный разрыв» [22].

«По всем перечисленным методам проводить испытания нет особой нужды. Из данного перечня ограничимся испытанием металла разных участков сварного шва и околошовной зоны статическое (кратковременное) растяжение. Проведение перечисленных испытаний позволит сделать вывод о прочности и пластичности соединения. Данные характеристики сварного шва представляют интерес, шинопроводы работают в условиях статических и динамических нагрузок» [22].

«Согласно ГОСТ образцы вырезают непосредственно из конструкции или специально сваривают для проведения испытаний» [22].

«Согласно ГОСТ сварка контрольных соединений для испытаний производится с охлаждением между наложением отдельных слоев» [22].

Ширину образцов примем 100 мм.

Проводя испытания металла на растяжение мы определяем такие характеристики как:

предел текучести  $\sigma_T$ ,

временное сопротивление  $\sigma_B$ ,

относительное удлинение после разрыва  $\delta$ , %;

относительное сужение после разрыва,  $\varphi$ , %.

Испытания проведем для наплавленного металла шва и разных участков зоны термического влияния.

Согласно ГОСТ форма и размеры образцов, применяемых для испытания, должны соответствовать рисунку 10, или рисунку 11. и таблицы 1.

Допускается увеличивать размер диаметра образца и его высоту.

Рабочее сечение образцов всех типов должно состоять только из металла испытываемого участка. В головках может быть металл других участков сварного соединения. На поверхности головки допускаются лыски и необработанная поверхность шва или основного металла.

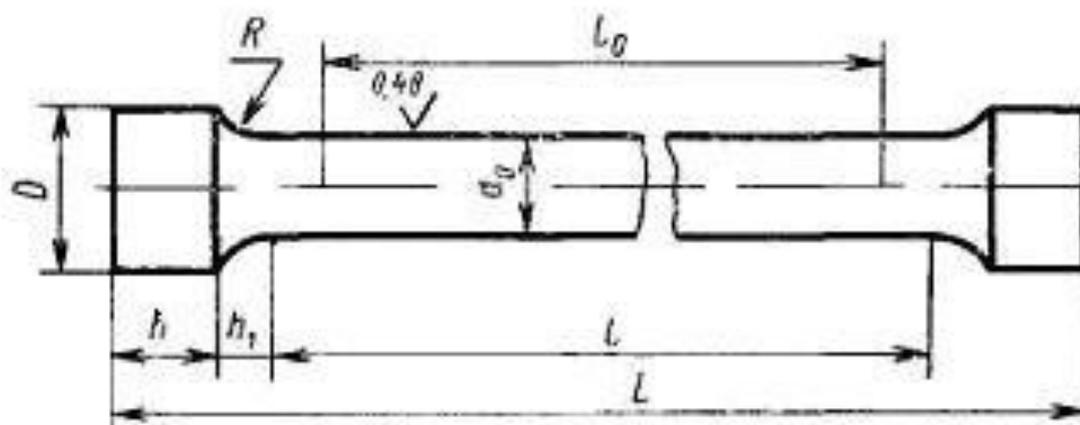


Рисунок 10 - Образцы для испытаний, тип I, II, III

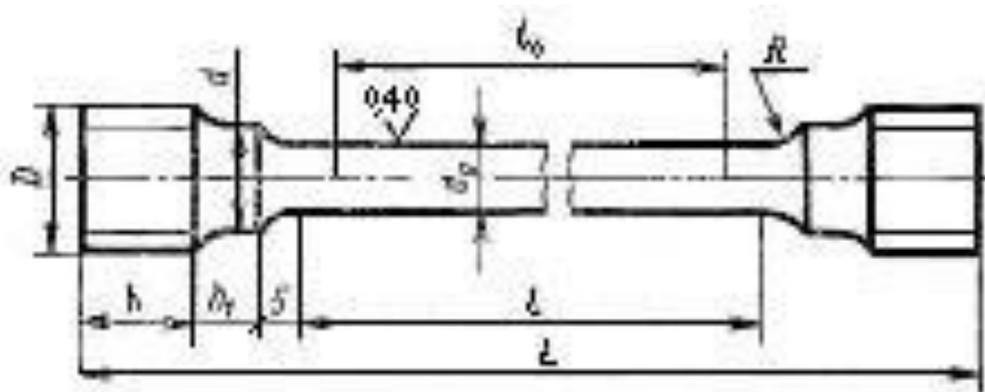


Рисунок 11 - Образцы для испытаний, тип IV,V

Размеры головки в месте лыски должны быть: для образцов типов I, II и III — не менее  $d_o+2$ ; для образцов типов IV и V — не менее  $d$ .

Таблица 1 - Размеры образцов для испытаний

Тип образца	$d_o$	$d$	$D$	$h$	$K$	$R$	$l$	$h_1$	$l_0$	$L \pm 1$
I	$3 \pm 0,1$	-	6	4	0,03	1	18	2	15	30
II	$6 \pm 0,1$	-	12	10	0,03	1,5	36	2,5	30	61
III	$10 \pm 0,2$	-	16	10	0,04	3	60	3	50	86
IV	$6 \pm 0,1$	10	M12	15	0,03	5	36	5	30	86
V	$10 \pm 0,2$	12	M16	15	0,04	5	60	5	50	110

Образец следует вырезать следующим образом, рисунок 12.



Рисунок 12 - Место вырезки образца

В качестве присадочного материала применяли проволоку Св-АМц, АК12М2, АК12ММгН. Диаметр проволоки выбирали в пределах 2...3 мм. В соответствии с инструкцией по эксплуатации аппарата Плазар сварку вели при трех значениях силы тока 70-80 А, 90-100 А, 110-120 А. Напряжение на дуге было постоянным для всех трех случаев и составляло 20-25 вольт.

Недопустимых дефектов в сваренных образцах не выявили.

Значения предела прочности показаны на рисунке 13. Даны значения по минимальным рекомендуемым значениям режимов (min), максимальным (max) и средним (mid). Значения предела текучести показаны на рисунке 14.

Значения относительного удлинения показаны на рисунке 15.

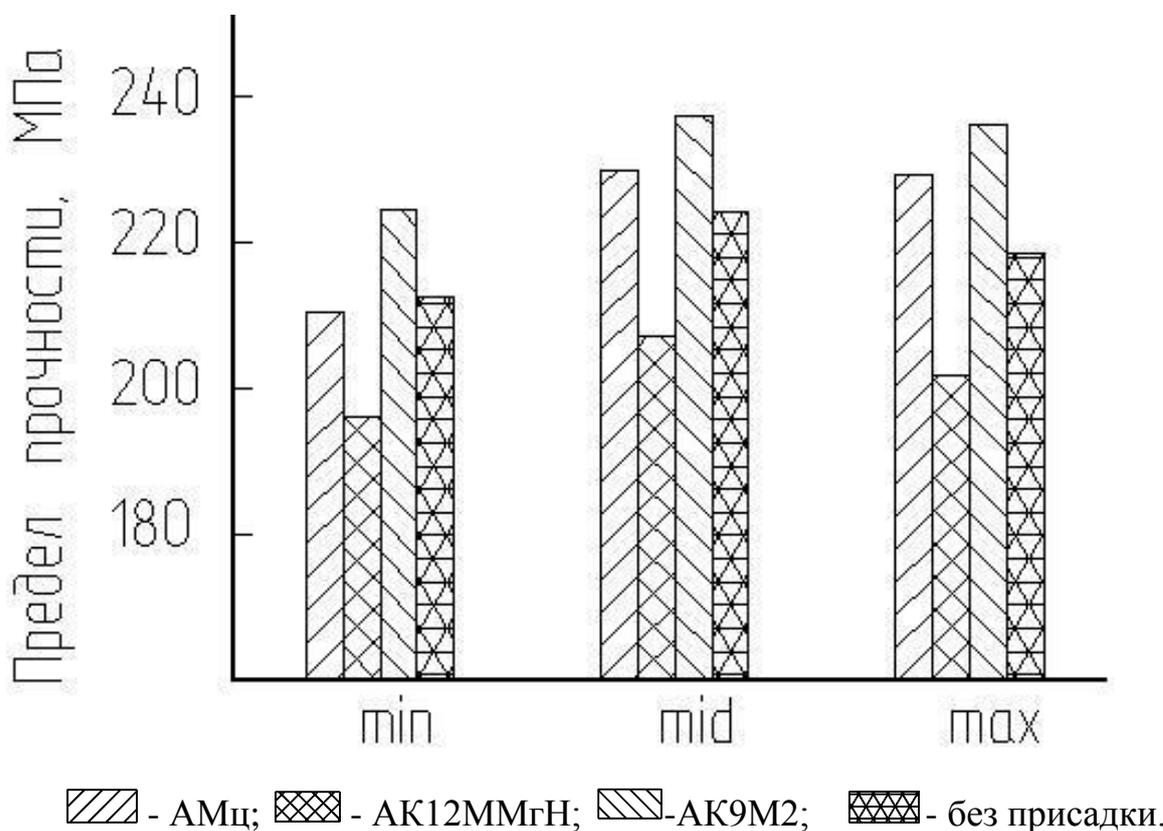


Рисунок 13 - Предел прочности сварных соединений,

По результатам исследований можно сказать, что соединения выполненные с использованием сварочной проволоки АК12ММгН не обеспечивают заданную прочность сварного шва.

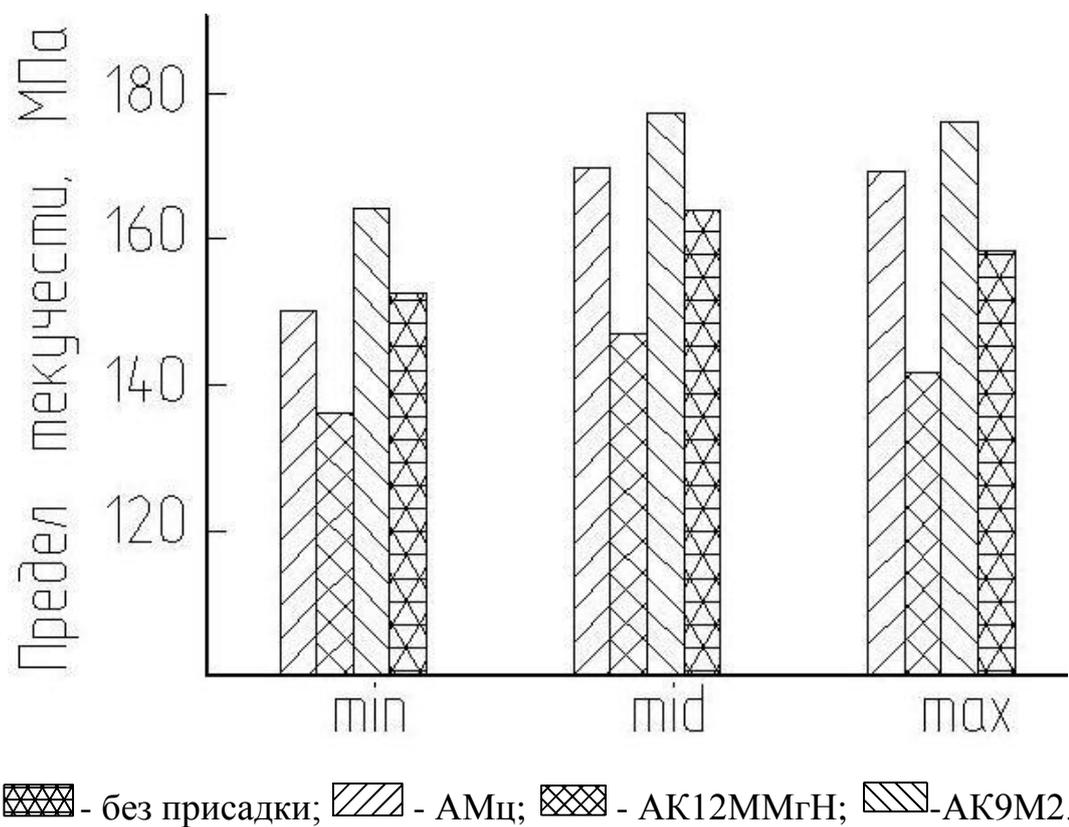


Рисунок 14 - Предел текучести сварных соединений

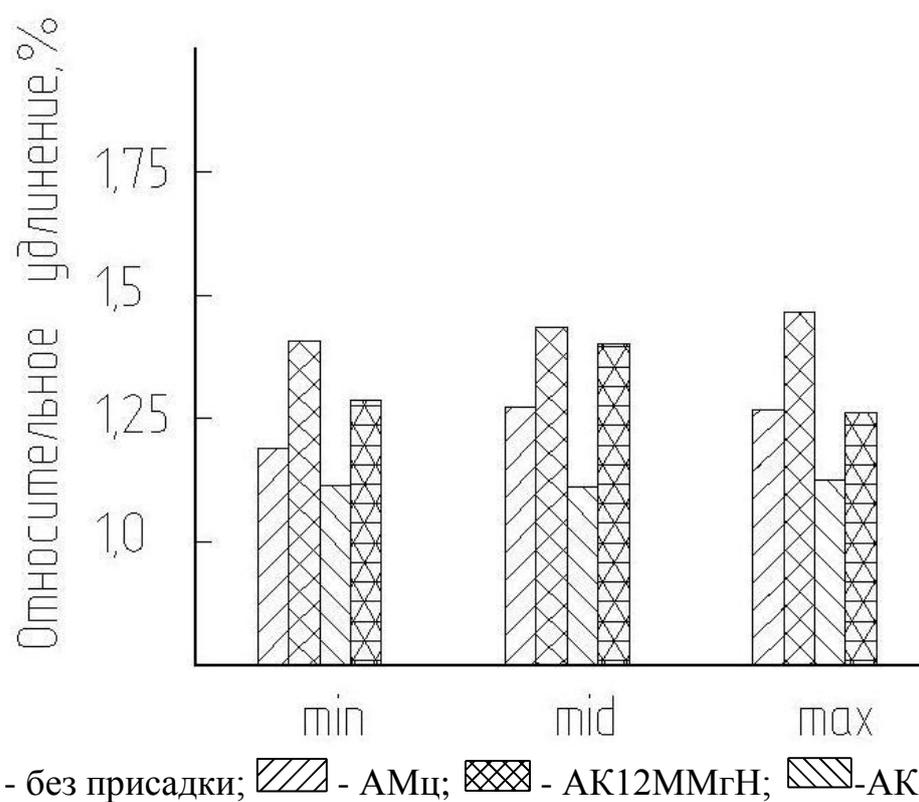


Рисунок 15 - Относительное удлинение металла сварных соединений

Таким образом, лучшие механические свойства обеспечены при применении проволоки АМц и при сварке без присадочной проволоки. Сварка по максимальным режимам, и по минимальным хотя и обеспечивает заданные параметры качества сварного соединения, но механические свойства, при этом, близки к минимально допускаемым значениям.

Поэтому можно сделать вывод, что наилучшие параметры по качеству обеспечивает применение проволоки АМц при сварке по средним значениям режимов.

### 2.3 Технология ремонта дисков

По результатам проведенных исследований в таблице 2 проведем сравнение режимов аргонодуговой сварки и плазменной.

Таблица 2 - Ориентировочные режимы аргонодуговой и плазменной сварки стыковых соединений из сплава АМгб.

Способ сварки		$I_{св}$ , А	$U_{д}$ , В	$v_{св}$ , м/ч	$v_{пр}$ , м/ч	$d$ , мм	$q/v$ , Дж/см
Аргонодуговая		200	14	20	120	1,8	277
Плазменная	Обратная полярность	87	33	23	70	1,8	225
	Переменный ток	220	21	20	85	2,0	415

«Плазменную, сварку; стыковых соединений из алюминиевых сплавов толщиной до 8 мм выполняют без разделки кромок с зазором до 1,5 мм за один проход на стальной подкладке или с двух сторон на весу. Для сварки на переменном токе используются серийные трансформаторы, обладающие требуемыми электродинамическими характеристиками. Вторичные обмотки включают последовательно, обеспечивая при этом напряжение холостого хода 120 В. Постоянную составляющую уменьшают путем включения в цепь батареи конденсаторов или омического сопротивления (например,

балластного реостата типа РБ-300). Между вольфрамовым электродом (анодом) и соплом (катодом) горит вспомогательная дуга, которая питается выпрямленным; током 20-25А» [22].

Контроль сварных швов проводим как и в базовом технологическом процессе. «По окончании сварки и охлаждения диска выполняется 100% визуально-измерительный контроль наплавленного места. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения. На месте контроля должен быть обеспечен требуемый уровень освещенности» [19].

С учетом ответственности выполняемых сварных соединений и необходимости герметичности получаемого сварного шва применяется еще и капиллярный контроль согласно ГОСТ 18442-80, 100%. Для капиллярного контроля применяем набор ДМК-4 и будем проводить контроль по методике изложенной в ГОСТ на выявление трещин.

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

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

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при восстановлении поврежденных алюминиевых дисков колес. Проектная технология предусматривает применение ручной сварки с использованием плазменного нагрева. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

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

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 3: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, штангенциркуль); 2) заготовительная операция (для выполнения операции применяются ножницы по металлу, станок токарный); 3) разделка дефекта (для выполнения операции применяются машинка угловая шлифовальная); 4) сварка дефекта (для выполнения операции применяются универсальная сборочная оснастка, сварочный автомат, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ); 5) контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп).

Таблица 3 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	маркер по металлу, штангенциркуль, линейка металлическая	Рукавицы
2) заготовительная операция	Слесарь-сборщик	токарный станок, ножницы по металлу	Рукавицы
3) разделка дефекта	Электросварщик	Машинка угловая шлифовальная	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
4) сварка дефекта	Электросварщик	универсальная сборочная оснастка, сварочный аппарат Плазар	Рукавицы сварочная проволока, защитный газ,
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп	Кисточка, масло

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 4. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для

организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мостовой кран;</li> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
2) подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гильотинные ножницы;</li> <li>- станок кромкострогальный</li> </ul>
3) ремонтная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги: инфракрасное излучение; ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- универсальная сборочная оснастка;</li> <li>- сварочный автомат;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>

Продолжение таблицы 4

1	2	3
4) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек;</li> <li>2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности</li> </ul>	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону;</li> <li>2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек</li> </ul>	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха, подающих чистый воздух</li> <li>2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне</li> </ul>	Средства защиты дыхательных путей

Продолжение таблицы 5

1	2	3
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 6, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 7.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти

средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	«Наименование основных опасных факторов пожара» [25]	Наименование вторичных опасных факторов пожара
«Участок, на котором осуществляется сборка и сварка» [25]	«Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная» [25]	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [25]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [25].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [25].

Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 8.

Таблица 8 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для ремонтной сварки дефектных дисков	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следует выполнить идентификацию этих негативных факторов, таблица 9 и предложить меры защиты таблица 10 от этих факторов.

Таблица 9 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

«Анализируемый технологический процесс» [25]	«Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса» [25]	«Факторы, негативно влияющие на атмосферу» [25]	«Факторы, негативно влияющие на гидросферу» [25]	«Факторы, негативно влияющие на литосферу» [25]
Сварка дефекта диска колеса	«Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки дефекта, контрольные операции» [25]	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи» [25]	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления изображения.	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [25].

Таблица 10 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
«Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду» [25].	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [25]
«Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду» [25].	«Контроль утечек в гидросистеме приспособления для фиксации колеса при сварке и незамедлительное их устранение» [25].
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [25]	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [25].

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сварки дефекта диска алюминиевого колеса.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки диска алюминиевого колеса с применением сварки за счет нагрева сжатой дугой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

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

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил разработать мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

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

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

В настоящей выпускной квалификационной работе предложены мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки дефектных алюминиевых дисков автомобильных колес за счёт применения современных достижений сварочной науки в области плазменной сварки. Принято решение построение проектной технологии ремонтной сварки выполнять на базе плазменной сварки. Для повышения эффективности ремонтной сварки предложено применять аппарат плазменной сварки Плазар.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки и сварки под слоем флюса. Проектный вариант технологии предполагает использование сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения (механизированной – для сварки швов малой длины и автоматической – для сварки протяжённых швов).

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 11.

Таблица 11 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$		V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	1500000	2400000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование:				
- норма амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	11	11
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади: - стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $m^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ $m^2$	30000	30000
Норма амортизации производственных площадей	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости: - коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, таблица : суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{см} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{п} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{п} = 1$  час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

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

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

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

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

### **4.3 Расчет нормы штучного времени на операции ремонтной сварки**

Штучное время определим по формуле:

$$t_{шт} = t_{н-з} + t_o + t_v + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (3)$$

где  $t_{n-3}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{n-3} = 0,05\%$  от  $t_0$

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

$t_8$  – вспомогательное время  $t_8 = 10\%$  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 для ручной и полуавтоматической сварки на единицу изделия определим по формуле:

$$t_0 = \frac{60 \cdot M_{напл.мет} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_{напл}}, \quad (4)$$

где:  $M_{напл.мет}$  – масса наплавленного металла в изделии, кг (из данных чертежа составляет 0,014 кг);

$L_{ш}$  – длина швов в изделии, м;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

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

Базовый вариант

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

Проектный вариант

$$t_{опр} = \frac{60 \cdot 0,014 \cdot 0,2}{100 \cdot 0,9} = 1,2 \text{ мин.}$$

Штучное время, базовый вариант

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

Штучное время, проектный вариант

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

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

При получении сварных соединений труб с трубной доской кожухотрубчатого теплообменника требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии технологический процесс ручной сварки характеризуется расходом присадочной проволоки и защитного газа. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс автоматической сварки характеризуется расходом защитной смеси газов и сварочной проволоки.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (7)$$

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

$$M_{\text{баз.}} = 11 \cdot 5,5 \cdot 1,05 = 63,5 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 11 \cdot 4,7 \cdot 1,05 + 130 \cdot 7 \cdot 1,05 = 63,8 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

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

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,034 \cdot 200 \cdot 1,88 = 12,78 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,023 \cdot 200 \cdot 1,88 = 8,64 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 12,78 \cdot 12/100 = 1,53 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 8,64 \cdot 12/100 = 1,03 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 12,78 + 1,53 = 14,31 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 8,64 + 1,03 = 9,67 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$O_{\text{сн.баз.}} = 14,31 \cdot 34/100 = 4,86 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн.проектн.}} = 9,67 \cdot 34/100 = 3,28 \text{ руб.}$$

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

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

Величина  $A_{об}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{об}$ , нормы амортизации  $H_a$ , машинного времени  $t_{маш}$ , и эффективного фонда времени  $F_э$  с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

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

$$A_{ОБ.БАЗ} = \frac{150000 \cdot 0,03 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 0,47 \text{ руб.}$$

$$A_{ОБ.ПР} = \frac{240000 \cdot 0,02 \cdot 21,5}{2054 \cdot 100} = 0,5 \text{ руб.}$$

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

$$P_{э-э} = \frac{M_{УСТ} \cdot t_{маш} \cdot C_{э-э}}{КПД}. \quad (13)$$

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

$$P_{ээ баз} = 6,8 \cdot 0,03 \cdot 3,2 / 0,7 = 0,93 \text{ руб.},$$

$$P_{ээ пр} = 3,2 \cdot 0,02 \cdot 3,2 / 0,85 = 0,24 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{об\text{баз.}} = 0,47 + 0,93 = 1,4 \text{ руб.},$$

$$Z_{об\text{проектн.}} = 0,5 + 0,24 = 0,74 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 63,5 + 14,31 + 4,86 + 1,4 = 84,07 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 63,8 + 9,67 + 3,28 + 0,74 = 77,49 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 84,07 + 1,5 \cdot 12,78 = 84,07 + 19,17 = 103,24 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 77,49 + 1,5 \cdot 8,64 = 77,49 + 12,96 = 90,45 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 103,24 + 1,15 \cdot 12,78 = 103,24 + 14,69 = 117,93 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 90,45 + 1,15 \cdot 8,64 = 90,45 + 9,93 = 100,38 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки балки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 12.

Таблица 12 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>М</i>	63,53	63,84
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	14,31	
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	4,86	3,28
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	1,4	0,74
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	84,07	77,49
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	19,17	12,96
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	103,24	90,45
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	14,69	9,93
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	117,93	100,38

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

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

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

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

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

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

$$C_{об.баз.} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500 \text{ руб.},$$

$$K_{обш.баз.} = 1 \cdot 85500 \cdot 0,55 = 27360 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$K_{об. пр.} = 240000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 37800 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 7500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 240000 \cdot 0,05 = 12000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 7500 + 12000 = 19500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{общ. пр}} = 37800 + 19500 = 57300 \text{ руб.}$$

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

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

$$K_{\text{доп}} = 57300 - 27360 = 29940 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 27360/1000 = 27,3 \text{ руб./ед.}; K_{удПроектн.} = 57300/1000 = 57,3 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{25,06 - 12,53}{25,06} \cdot 100\% = 50\%$$

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

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

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

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХБ} - C_{ТЕХПР}}{C_{ТЕХБ}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{84 - 77}{84} \cdot 100\% = 35\%$$

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

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

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

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (117,93 - 100,38) \cdot 1000 = 17600 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$T_{ок} = \frac{29940}{17600} \approx 1,5 \text{ года}$$

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

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

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

$$Э_{г} = 17600 - 0,33 \cdot 29940 = 8600 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки дефектных легкосплавных дисков применяется сварка неплавящимся электродом по методу TIG.

Недостатки применения ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предлагает применить сварку сжатой дугой - плазменную.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50 %, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 35%. Срок окупаемости капитальных затрат составит 1,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

По ходу выполнения бакалаврской работы выполнен анализ свойств и условий эксплуатации легкосплавных автомобильных дисков. Показано, что применительно к российским реалиям вероятность повреждения таких дисков является высокой, отсюда следует актуальность темы. Анализ базового технологического процесса показал, что есть более эффективные способы исправления некоторых дефектов.

Выполненный анализ научно-технической и патентной литературы позволил подобрать способ, режимы сварки обеспечивающие заданное качество и производительность при ремонтной сварке поврежденных алюминиевых колес.

Разработан технологический процесс ремонтной сварки с использованием для нагрева сжатой дуги. Подобрано соответствующее оборудование для реализации данного процесса, аппарат для плазменной сварки Плазар. Чтобы определиться с параметрами режимов ремонтной сварки провели серию экспериментов, которая показала, что наилучшими механическими характеристиками обладают соединения полученные с применением присадочной проволоки АМц, при параметрах режима – сила тока 80 А, напряжение дуги 24 В, расход плазмообразующего газа 10 л/мин.

Также в работе выполнен анализ опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс работы. Показано, что защита производственного персонала от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс ремонтной сварки обеспечивается посредством широко применяемых стандартных средств защиты.

Расчеты показали, что годовой экономический эффект составит 101560 руб.

Можно сделать вывод о том, что поставленные задачи выполнены и цель достигнута.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. М.: Высшая школа, 1986. 167 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение, 2006. 368 с.
3. Аманов С.Р., Кислов А.В., Юков А.В. Влияние поверхностной обработки штампов на коэффициент трения при вытяжке // Кузнечно-штамповочное производство. 2003. №1. С. 35-39
4. Арзамасов Б.Н. Научные основы материаловедения. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 1994. 328 с.
5. Балашова С.А. Математическое моделирование взаимодействия лазерного излучения с плазменным потоком для повышения прочности покрытий. Автореферат диссертации кандидата техн. наук. Иваново. 2009. 20 с.
6. Бондарев А.А. Технология ремонта изношенных поршней. Сварщик. – 1999. № 6. – С. 17.
7. Воропай Н.М., Лесных В.В., Мишенков В.А. Двухдуговая наплавка алюминиевых поршней комбинированным неплавящимся и плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 1996. № 6. С. 21–25.
8. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
9. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
10. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2001. 206 с
11. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России. 1995. 230 с.

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

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

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

15. Карташов Н.С., Балабин И.В., Фомичев Ю.И. Исследования и сравнительный прочностной анализ ободьев автомобильных колес с пяти и пятнадцатиградусными посадочными полками // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2011. № 1 (11). С. 15-22.

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

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

18. Маркашова, Л. И., Покляцкий А.Г., Кушнарера О.С. Влияние способов сварки на структуру и механические свойства соединений алюминиевого сплава 1460 // Автоматическая сварка. 2013. №3. с. 20-25.

19. Мяконьков М.Б., Хмелевская В.Б. Сравнительные исследования способов нанесения покрытий на поршневые кольца для уменьшения их износа // Металлообработка. 2010. № 3. С. 36-40

20. Овчинников А.Н. Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической промышленности // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>. (дата обращения 12.05.2021).

21. Пархимович Э.М., Голозубов А.Л. Исследование физико-механических и триботехнических свойств тонкопленочных упрочняющих покрытий // Трение и износ. 1995. Т.16. № 4. С. 766-771.

22. Платонов А.В. Технология и оборудование для сварки алюминиевых переходников к шинам трансформаторов // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/4548>. (дата обращения 14.05.2021)

23. Соснин Н.А., Вичик Б.Л., Ермаков С.А., Тополянский П.А., Райчук Д.Ю. Плазменное упрочнение изделий на базе серийной установки для сварки УПС-301 // ЭИ Всесоюз. научно-исслед. института научно - техн. пропаганды и экономики промышленности строительных материалов. Серия 15. Ремонт и эксплуатация оборудования. Вып. 6. М.: 1987. С. 8-11.

24. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.

25. Федорчук В.Е., Кушнарера О.С., Алексеенко Т.А., Фальченко Ю.В. Особенности легирования скандием металла швов сварных соединений высокопрочных алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 2014. №5. с. 30-34.

26. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 14.05.2021).

27. Черноиванов В.И. Голубев И.Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФНГУ «Росинформагротех», 2010. 376 с.

28. Чудинов Б.А., Жмиевский В.Ф. Упрочнение верхней поршневой канавки поршней двигателей внутреннего сгорания ОАО «АВТОВАЗ» //

Материалы 6-й Междунар. практ. конф.-выставки, С.-Пб.: Альфаред, 2004. С. 89–90.

29. Ягафаров И. И. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя и точности прецизионных деталей машин при осаждении покрытия из плазмы вакуумно-дугового разряда. Автореферат диссертации. кандидата технических наук. Рыбинск: 2014. 19 с.

30. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication*. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

31. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // *Schweissen und Schneiden*. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

32. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

33. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski*. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.

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

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

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