

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 Технологический процесс и оборудование ремонтной сварки головки  
блока цилиндров бульдозера Komatsu D375

Студент

С.М. Ишбулатов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Особенности алюминиевых сплавов приводят к возникновению характерных трудностей при их сварке, которые к настоящему времени до конца не преодолены. Высокая теплопроводность и значительный коэффициент линейного расширения приводят к возникновению остаточных напряжений и деформаций при сварке. Кроме того, алюминиевые сплавы склонны к образованию пор и трещин.

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- разработать технологический процесс ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов с применением трёхфазной дуги;
- выполнить выбор оборудования и назначить параметры режима сварки;
- идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению;
- провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,4 года.

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ современного состояния ремонтной сварки головок блока цилиндра из алюминиевых сплавов. ....	7
1.1 Сведения о конструкции автоклава и условиях его работы. ....	6
1.2 Сведения о материале детали. ....	9
1.3 Базовая технология ремонтной сварки .....	11
1.4 Обоснование выбора способа ремонтной сварки .....	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы .....	21
2 Проектная технология ремонтной сварки деталей из алюминиевого сплава. ....	22
2.1 Описание подготовительных операций .....	22
2.2 Описание сварочных операций. ....	25
2.3 Описание сварочных материалов. ....	27
2.4 Описание сварочного оборудования .....	29
3 Безопасность и экологичность технического объекта. ....	32
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	32
3.2 Идентификация профессиональных рисков .....	33
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков. ....	35
3.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	37
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства .....	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений. ....	42
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов. ....	42
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования. .	44
4.3 Расчет штучного времени .....	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии. ....	46
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям. ....	51

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности. . . . .	53
Заключение . . . . .	56
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	58

## Введение

В настоящее время в машиностроении наблюдается рост применения алюминиевых сплавов, которые начинают вытеснять конструкционные стали и в настоящий момент занимают второе место по объёмам использования [17]. Уникальное сочетание свойств алюминиевых сплавов (высокая коррозионная стойкость и малый удельный вес при относительно высокой прочности) делают экономически оправданным расширение их применения в таких отраслях, как химическая промышленность, автомобилестроение, судостроение и авиастроение [5], [20], [26].

Основным технологическим процессом, применяемым при изготовлении и ремонте деталей машин из алюминиевых сплавов, является сварка. Особенности алюминиевых сплавов приводят к возникновению характерных трудностей при их сварке, которые к настоящему времени до конца не преодолены [11], [21], [27]. Высокая теплопроводность и значительный коэффициент линейного расширения приводят к возникновению остаточных напряжений и деформаций при сварке. Кроме того, алюминиевые сплавы склонны к образованию пор и трещин. Из-за наличия на поверхности окисных плёнок затрудняется очистка сварочной ванны, что приводит к возникновению дефектов сварного шва. В связи с этим прочность сварного соединения в конструкциях из алюминиевых сплавов часто не превышает 0,7 от прочности основного металла [5], [20].

Для получения стабильного качества сварки необходимо обеспечить высокую концентрацию тепла, разрушить окисную плёнку и препятствовать её образованию при сварке. Наиболее широко применяется два способа сварки: электронно-лучевая и сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов [11], [20], [23].

Сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов отличается от остальных способов сварки высокой универсальностью и оперативностью, позволяет предъявлять к соединениям самые высокие требования по

прочности и качеству. Однако этот способ сварки характеризуется высоким тепловым воздействием на неплавящийся электрод, в результате которого повышается вероятность получения вольфрамовых включений в металле сварного шва. Также сварка неплавящимся электродом характеризуется низкой проплавляющей способностью дуги [3], [15].

Исследования по повышению эффективности сварки алюминиевых сплавов проводились в России, в Украине, в США и Японии. В Украине вопросами сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом занимались в институте электросварки им. Е.О. Патона (М. Р. Яворская, В. А. Мищенко, А. Я. Ищенко, И. В. Довбищенко, А. Г. Чаюн, Н. М. Воропай, А. Г. Покляцкий, Д. М. Рабкин). В России вопросами сварки алюминиевых сплавов занимались в Тольяттинском государственном университете (В. И. Столбов, В. П. Сидоров, В. В. Ельцов, Г. М. Короткова) и Волгоградском государственном техническом университете (А. В. Савинов, В. А. Косович, И. Е. Лапин). В США работали исследователи - S. Barhorst, M. Tomsic, S. Kyselica. В Японии - Ikkaï Toshikage, Syogi Moritaka, Ishimaru Kazuguki, Onuma Akira.

Несмотря на достигнутые успехи основные трудности сварки конструкций из алюминиевых сплавов до конца не преодолены. Особенно сильное отрицательное их влияние проявляется при ремонтной сварке деталей машин, что ограничивает применение алюминиевых сплавов в машиностроении. Поэтому вопрос повышения качества и производительности ремонтной сварки деталей машин из алюминиевых сплавов является актуальным. Типовой деталью из алюминиевого сплава, требующей ремонта, является головка блока цилиндров двигателя 6D170E Komatsu, который устанавливается на бульдозерах D375 и другой строительной по грузоподъемной технике.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

## **1 Анализ современного состояния ремонтной сварки головок блока цилиндра из алюминиевых сплавов**

### **1.1 Описание конструкции, условий эксплуатации и характера возникающих дефектов**

Головка блока цилиндров бульдозера Komatsu D375, представленная на рисунке 1, изготавливается из сплава АС4А (отечественный аналог – сплав АК9ч). Головка блока цилиндров является основным элементом двигателя внутреннего сгорания. Головка блока цилиндров формирует камеры сгорания, через неё подаётся горючая смесь в камеры сгорания и осуществляется отвод отработанных газов.

В работе головки блока цилиндров можно выделить несколько этапов. На первом этапе распределительный вал толкает штангу, штанга, в свою очередь, оказывает давление на коромысло и гидрокомпенсатор. На втором этапе открывается клапан под действием давящего на него коромысла. На третьем этапе клапан оказывается в камере сгорания, топливная смесь воспламеняется. На четвёртом этапе отработавшие газы выходят через выпускной коллектор. Далее под действием возвратных пружин клапан возвращается в исходное положение, а сам цикл работы повторяется.

Поскольку в дизельном двигателе воспламенение топливной смеси происходит от сжатия, необходимо синхронизировать впрыск топлива с открытием впускного клапана. Очень важно в конструкции блока цилиндров обеспечить герметичность газового стыка, иначе будет происходить неполное сгорание топлива и возникнут сложности с запуском двигателя. Также нарушение герметичности головки блока цилиндров приводит к усилению дальнейшего износа двигателя и повышению шумности его работы.



Рисунок 1 – Головка блока цилиндров Komatsu 6D170E-3 D375

При работе головки блока цилиндров главным дефектом является появление трещин. При этом возникновение дефекта зачастую не должно приводить к замене головки блока цилиндров, так как в большинстве случаев её можно отремонтировать, большую часть трещи можно заварить.

Однако несвоевременное обращение в ремонтную службу приводят к тому, что возникающие дефекты в головке блока цилиндров растут лавинообразно, а сам узел начинает разрушаться. Кроме того, повреждения головки блока цилиндров нарушают нормальную работу двигателя, что приводит к его увеличенному износу.

На основании анализа работы и исправления дефектов головок блока цилиндров можно выделить несколько групп дефектов в этом узле.

К первой группе относятся трещины в рубашке охлаждения, которые могут быть обнаружены по результатам внешнего осмотра и опрессовки. Способ устранения такого дефекта – заварка трещины.

Ко второй группе относят прогары, пробоины и трещины на стенках камер сгорания. Такие дефекты не ремонтируют, и деталь бракуют.

К третьей группе относят трещины, которые возникают на перемычке между клапанными гнёздами, между клапанными гнездами и вставками камеры сгорания, около отверстий под штанги толкателей или шпильки крепления. Эти дефекты также обнаруживаются при внешнем осмотре и опрессовке. Способ устранения такого дефекта – заварка трещины.

## 1.2 Сведения о материале детали

Головка блока цилиндров выполняется из алюминиевого сплава АС4А. Отечественным аналогом этого сплава является сплав АК9ч.

Буквенное обозначение «АС» говорит о том, что сплав – алюминиевый литейный. Буквенно-числовое обозначение «4А» говорит о системе легирования сплава Al-Si-Mg.

Содержание химических элементов в сплаве показано в таблице 1.

Таблица 1 – содержание химических элементов в сплаве АС4А

«Al	Si	Mg	Mn	Zn	Cu	Ni	Fe	Примесей
86,94...91,63	8...10,5	0,17...0,3	0,2...0,5	до 0,3	до 0,3	до 0,1	до 1	до 1,5» [22]

Высокие прочностные свойства литейных алюминиевых сплавов группы «силумины» позволяют им служить исходным материалом для изготовления высокопрочных сплавов, которые впоследствии подвергаются упрочняющей термической обработке.

Алюминий, который является основой сплава и содержится в нём в объёме 87...91,6 %, придаёт сплаву необходимый внешний вид, коррозионную защиту и лёгкость.

Кремний, содержание которого в сплаве составляет 8...10,5 %, придаёт сплаву необходимую текучесть при литье и уменьшает его усадку при кристаллизации. Также существенно улучшается свариваемость сплава.

Магний, содержание которого в сплаве составляет 0,17...0,3 %, увеличивает прочность сплава.

Благодаря содержанию меди в количестве до 0,3 % несколько увеличивается пластичность сплава, но коррозионная стойкость снижается.

Благодаря содержанию цинка в количестве до 0,3 % увеличивается прочность сплава, но коррозионная стойкость по отношению к щелочам снижается.

При сварке алюминиевых сплавов возникает ряд характерных сложностей [5], [20], [21].

Во-первых, поверхности свариваемых деталей покрывает тугоплавкий окисел  $Al_2O_3$ , температура плавления которого существенно превышает температуру плавления основного металла. Кроме того, плотность этого окисла больше, чем плотность расплавленного металла, поэтому частицы окисла тонут в расплавленном металле изгрязняют собой сварочную ванну.

Во-вторых, алюминиевые сплавы имеют коэффициент линейного расширения значительно больший, чем стали, поэтому при сварке алюминиевых сплавов происходит образование значительных остаточных напряжений. По сравнению со сваркой сталей уровень напряжений больше в несколько раз.

В-третьих, следует обеспечить тщательную очистку поверхности сварочной проволоки и поверхности деталей, так как наблюдается повышенное растворение газов в расплавленном металле, что при кристаллизации приводит к возникновению пористости.

В четвёртых, высокая теплопроводность алюминиевых сплавов заставляет применять источники нагрева повышенной мощности. Также становится необходимым применение предварительного подогрева до 150...200 °С.

В-пятых, металл сварного шва при сварке деталей из алюминиевых сплавов характеризуется грубоё чешуйчатостью, а по границам зёрен выделяется эвтектика с малой температурой плавления. В результате металл сварного шва склонен к образованию горячих трещин, вероятность получения которых усиливается в связи с высоким уровнем остаточных напряжений.

### 1.3 Базовая технология ремонтной сварки

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов. Пост для выполнения ремонтной сварки, представленный на рисунке 2, имеет сварочную оснастку, воздухоотсос, источник питания.



Рисунок 2 – Участок для выполнения ремонтной сварки

Перед выполнением ремонтной сварки выполняют дефектовку. Для этого следует провести внешний осмотр, который может предусматривать применение специальных инструментов и приборов. По результатам дефектовки выполняют цветовую маркировку деталей. Детали, которые годны для дальнейшей эксплуатации, помечают зелёным маркером, эти детали применяются для укомплектования силовых агрегатов. Детали, которые требуют ремонта, помечаются жёлтым маркером, эти детали поступают на участок ремонтной сварки. Детали, которые не могут быть восстановлены, помечают красным маркером, эти детали поступают на утилизацию.

Перед восстановлением выполняют обезжиривание поверхности деталей с применением 10%го раствора гидроксида натрия, который имеет

температуру 60...70 °С. Время воздействия раствора гидроксида натрия на деталь составляет 2...3 минуты. За это время происходит стравливание с поверхности детали окисной плёнки. После этого следует выполнить промывку детали в проточной холодной воде, что позволяет смыть остатки щелочи и продукты реакции. Далее при помощи сжатого воздуха выполняют просушку детали.

Непосредственно перед сваркой выполняют очистку поверхности детали с применением металлической щетки. При этом щетина щётки выполняется из нержавеющей стали с диаметром не более 0,15 мм. Не рекомендовано применение наждачных кругов, так как происходит забивание их стружкой и образование на поверхности детали глубоких царапин. Эти царапины могут являться источником загрязнений для образования пор.

После того, как деталь очищена при помощи металлической щетки. Её следует протереть сухой ветошью. После такой проведённой подготовки сварка деталей должна быть выполнена в течение 5...6 часов. Если за указанное время сварку не проводили, детали подлежат повторной зачистке перед сваркой.

Ремонтная заварка трещины без её предварительной подготовки может привести к дальнейшему распространению трещины вглубь детали. Перед подготовкой трещины следует провести её визуальный осмотр для определения расположения её концов. Для обнаружения границ трещины можно использовать пламя газовой горелки, при этом не следует разогревать деталь до температур выше 100...150 °С.

После выявления концов трещины следует засверлить их, при этом центр сверла должен быть на 3...5 мм дальше конца трещины. Диаметр сверла должен быть 5 мм. Для разделки трещины применяется подрубка зубилом. При разделке несквозной трещины разделку следует выполнять на глубину, превышающую глубины залегания трещины на 3 мм.

Для выполнения ремонтной сварки применяется источник переменного тока. В качестве инертного газа применяется аргон. В качестве неплавящегося

электрода – электроды из чистого вольфрама или лантанированного вольфрама. Применение лантанированных электродов позволяет повысить стойкость электродов и увеличить ток сварки на 15 %.

Перед сваркой зачищают конец электрода под конус с углом при основании  $60^\circ$ , заточку ведут на расстояние 2...3 диаметра электрода.

В качестве присадочной проволоки применяют проволоку АК9ч диаметром 3 и 4 мм. Параметры режима ремонтной сварки представлены в таблице 2. В качестве источника питания применяется УДГУ-351, представленный на рисунке 3.

Таблица 2 – Параметры режима ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов [22]

Номер режима	Ток, А	Диаметр проволоки, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, л/мин
1	100...140	3	2	8...10
2	130...150	4	2	8...10
3	140...170	4	3	10...12



Рисунок 3 – Источник питания УДГУ-351

После выполнения ремонтной сварки проводят очистку детали от брызг металла. Далее проводят внешний осмотр зоны ремонтной сварки на расстоянии до 20 мм от сварного шва. Косвенно о качестве сварки может свидетельствовать постоянство геометрических размеров сварного шва и равномерная чешуйчатость [1], [2].

Осмотр места сварки проводят невооружённым глазом и лупой с увеличением 4...10 крат. При помощи измерительного инструмента контролируют геометрические размеры сварного шва, которые должны быть не меньше заданных. «Если сварной шов недоступен для прямого наблюдения, следует применять специальные приборы – эндоскопы.

Внутренние дефекты сварного шва обнаруживаются при помощи ультразвукового дефектоскопа УД 2-101» [5], который представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Ультразвуковой дефектоскоп УД2-102

«После контроля качества следует удалить излишки наплавленного металла с посадочной поверхности сёдел. Следует вести механическую обработку с некоторым припуском по наружному диаметру» [22]. После того, как расточка выполнена, следует измерить диаметр получившегося отверстия и подобрать под него заготовку сёдел. При этом выбор заготовок сёдел следует выполнять таким образом, чтобы обеспечивался натяг при запрессовке.

При перегреве головки блока цилиндров в процессе эксплуатации, а также от проведения сварочных работ возможно искривление плоскости разъёма «головка-блок цилиндра». В этом случае следует выполнить фрезерование плоскости. Изменение высоты головки блока цилиндров при таком фрезеровании приводит к опасности столкновения клапанов с поршнем. Для предотвращения этого следует «занизить» фаски сёдел и клапанов, подрезание торцев стержней клапанов.

## 1.4 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

При выборе оптимального способа ремонтной сварки следует принимать во внимание следующие требования:

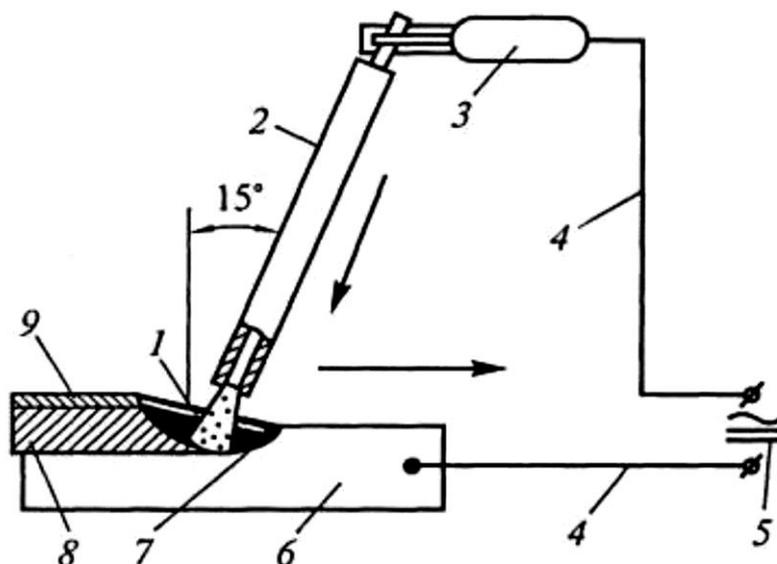
- универсальность и мобильность способа сварки,
- производительность,
- экономические показатели способа,
- качество сварного шва и внешний вид изделия после проведения ремонт,
- условия труда сварщика,
- стоимость оборудования для сварки и сложность его эксплуатации.

В числе альтернативных способов сварки алюминиевых деталей следует указать:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах,
- сварка неплавящимся электродом в инертных газах,
- сварка трехфазной дугой.

Сварка покрытыми электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 5, выполняется на постоянном токе прямой полярности. Для питания сварочной дуги применяются выпрямители, имеющие падающую вольтамперную характеристику. Сварку алюминия выполняют короткой дугой, поддерживая угол наклона электрода 60...90°. Перед проведением ремонтной сварки следует выполнить предварительный подогрев детали до температуры 150...200 °С.

Сварку выполняют в нижнем положении, в других положениях ремонтную сварку деталей из алюминиевых сплавов не выполняют. После того, как сварка проведена, следует удалить шлак и брызги расплавленного металла с применением скребка, зубила или пневматической фрезы.



1 – сварочная дуга; 2 – электрод; 3 – электрододержатель, 4 – сварочные провода;  
5 – источник питания; 6 – свариваемая деталь; 7 – сварочная ванна; 8 – сварной шов; 9 – шлаковая корка

Рисунок 5 – Схема способа сварки покрытыми электродами

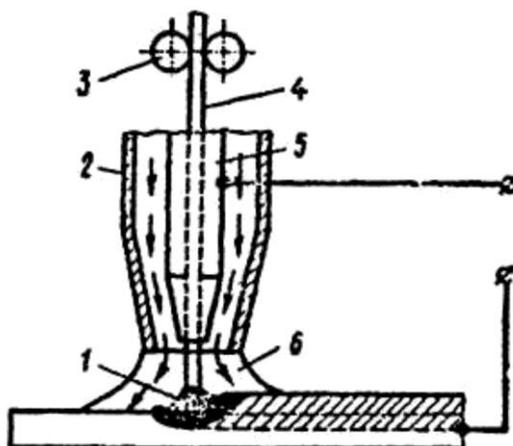
В числе преимуществ ручной дуговой сварки следует указать высокую мобильность способа и простоту применяющегося оборудования. В настоящее время на рынке сварочных материалов представлено значительное количество покрытых электродов для сварки деталей из алюминиевых сплавов.

В числе недостатков ручной дуговой сварки следует указать значительное разбрызгивание электродного металла. Также при ручной дуговой сварке наблюдается увеличение зоны термического влияния. Качество ремонтной сварки в значительной мере зависит от квалификации сварщика. Ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, которая ещё больше снижается из-за необходимости обнаружения и исправления дефектов сварки.

Для выполнения механизированной сварки деталей из алюминиевых сплавов, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, разработаны специальные источники питания с импульсами высокого напряжения, которые позволяют разрушать окисную плёнку [7].

Импульсные технологии позволяют снизить разбрызгивание электродного металла, существенно повысить качество за счёт стабильного

горения сварочной дуги, повысить концентрацию энергии, уменьшить сварочные деформации и улучшить условия кристаллизации сварочной ванны. Кроме импульсного управления сварочной дугой могут применяться аппараты с импульсной подачей сварочной проволоки, которые также позволяют существенно повысить эффективность сварки алюминиевых сплавов [16].



1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики;  
4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук;  
6 – защитный газ

Рисунок 6 – Схема механизированной сварки плавящимся электродом в инертном газе

Следует отметить, что производительность механизированной сварки алюминиевых сплавов приблизительно в три раза выше производительности сварки неплавящимся электродом, но качество сварки несколько ниже. В числе особенностей механизированной сварки алюминиевых сплавов следует отметить:

- для сварки применяют постоянный ток обратной полярности;
- поскольку алюминиевая проволока имеет большую мягкость, при её подаче часто наблюдается образование петель, как показано на рисунке 7;
- при нагреве алюминиевые сплавы расширяются сильнее, чем сталь, поэтому при сварке возможно застревание алюминиевой проволоки в токосъёмнике;

– плавление алюминиевой проволоки происходит быстрее, чем стальной, поэтому скорость подачи алюминиевой проволоки должна быть больше, в противном случае возможно оплавление наконечника горелки.



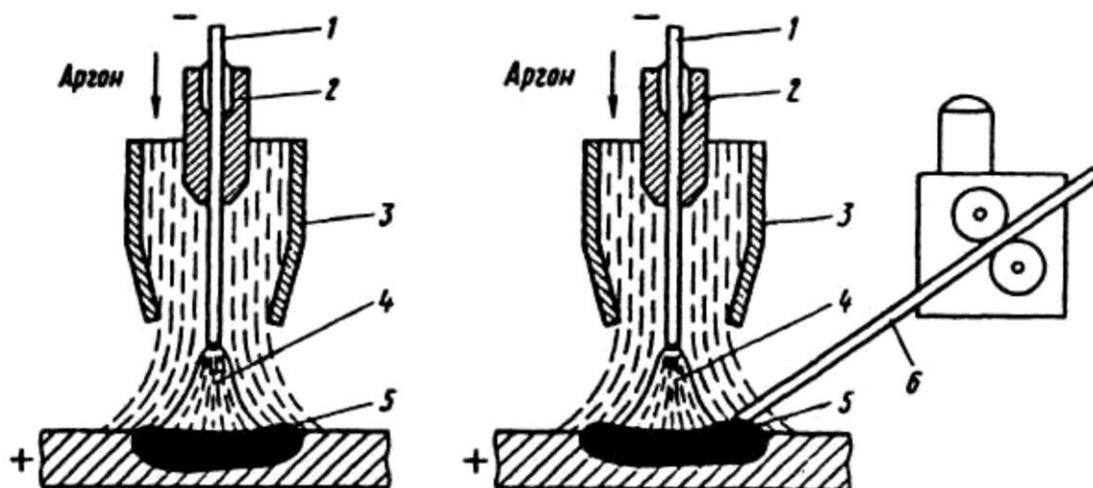
Рисунок 7 – Образование петель при подаче алюминиевой сварочной проволоки

В числе преимуществ механизированной сварки алюминиевых сплавов следует указать, во-первых, высокую производительность, которая в несколько раз выше, чем при сварке неплавящимся электродом. Во-вторых, при механизированной сварке качество выполняемого шва зависит от квалификации сварщика в меньшей мере, по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой неплавящимся электродом. В-третьих. Следует отметить лучшую защиту зоны сварки по сравнению с ручной дуговой сваркой.

В числе недостатков способа следует указать, во-первых, значительное разбрызгивание электродного металла. Во-вторых, существенно повышается опасность получения пор из-за вносимых проволокой водорода и окисных плёнок. В-третьих, механические свойства сварного шва хуже, чем в случае сварки неплавящимся электродом.

При сварке неплавящимся электродом, схема которой показан на рисунке 8, нагрев и расплавление металла происходит за счёт дуги, горящей между деталью и вольфрамовым электродом. В качестве защитного газа применяется аргон, гелий или смесь аргона и гелия. Подачу присадочного металла в зону сварки выполняют вручную. Сварочную дугу питают от

источника переменного тока, при котором происходит разрушение окисной пленки на поверхности детали.



1 – электрод; 2 – зажим электрода; 3 – сопло; 4 – дуга;  
5 – сварочная ванна; 6 – присадочный стержень

Рисунок 8 – Схема сварки неплавящимся электродом

При сварке поддерживают угол между электродом и деталью  $70...80^\circ$ , между проволокой и электродом угол должен составлять приблизительно  $90^\circ$ . Сварку ведут дугой, длина которой составляет  $1,5...2,5$  мм. Подачу присадочного прутка выполняют короткими возвратно-поступательными движениями, которые сходны с движениями кисти художника: пруток подают, касаются его кончиком края сварочной ванны, после чего отводят его вверх и назад. Запрещается вести сварку с поперечными колебаниями присадочного прутка и электрода. Следует поддерживать сварочную ванну минимальных размеров.

Следует правильно устанавливать величину расхода защитного газа, так как при недостаточном его расходе ухудшается защита зоны сварки, а при повышенном расходе наблюдается подсос воздуха в зону горения сварочной дуги.

Подачу защитного газа начинают за  $3...5$  секунд до зажигания сварочной дуги и прекращают через  $5...7$  секунд после обрыва сварочной дуги.

В числе преимуществ сварки неплавящимся электродом следует указать, во-первых, хороший внешний вид изделия. Во-вторых, стабильное качество выполнения сварки, металл шва обладает механическими свойствами выше, чем при сварке другими способами. В-третьих, следует отметить малые размеры зоны термического влияния из-за высокой концентрации тепла.

Недостатками «сварки неплавящимся электродом являются, во-первых, малая производительность по сравнению с механизированной сваркой. Во-вторых, высокие требования к квалификации сварщика, от которой существенно зависит качество сварных соединений» [5]. В-третьих, этот способ сварки предъявляет серьезные требования к подготовке поверхности детали и присадочной проволоки.

Перспективным способом ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов является сварка трёхфазной дугой, схема выполнения которой приведена на рисунке 9 [8], [12], [24]. «При этом способе сварки происходит горение трёх независимых дуг: первая – между электродами, вторая и третья – между электродами и деталью. Такая дуга обладает большей устойчивостью и позволяет существенно повысить производительность процесса сварки.

Также сварка трёхфазной дугой позволяет в широких пределах регулировать вложение тепла в основной металл. Увеличение глубины проплавления может быть получено при последовательном расположении электродов. Параллельное расположение электродов позволяет увеличить ширину сварного шва и уменьшить глубину проплавления основного металла» [24].

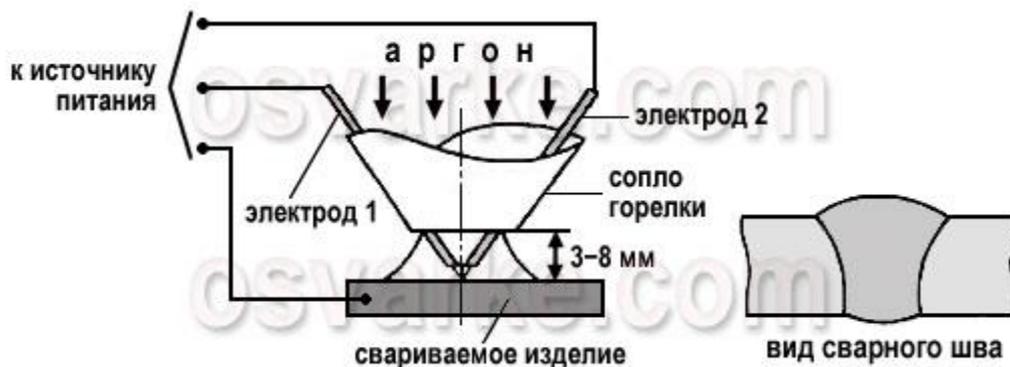


Рисунок 9 – Схема сварки трёхфазной дугой

В числе преимуществ сварки трёхфазной дугой следует отметить, во-первых, проплавляющую способность дуги. Во-вторых, трёхфазная дуга позволяет существенно повысить производительность сварки. В-третьих, при горении трёхфазной дуги наблюдается интенсивное распыление окисной пленки.

В числе недостатков сварки трёхфазной дугой следует указать, во-первых, сложность поддержания и регулирования ввода тепла в зону сварки. Во-вторых, при сварке трехфазной дугой повышаются требования к качеству подготовки присадочной проволоки.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

### **1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

На основании анализа дефектов головки блока цилиндров установлено, что значительное количество дефектов составляют трещины, которые могут быть исправлены при помощи сварки.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

Недостатками сварки неплавящимся электродом являются, во-первых, малая производительность по сравнению с механизированной сваркой. Во-вторых, высокие требования к квалификации сварщика, от которой существенно зависит качество сварных соединений. В-третьих, этот способ сварки предъявляет серьёзные требования к подготовке поверхности детали и присадочной проволоки.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Трёхфазная дуга в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым при ремонте деталей из сплавов алюминия. Возможно изменение тепловой мощности дуги в широком диапазоне – от 500 до 5500 Вт. При этом трёхфазная дуга позволяет получить большую концентрация тепла, чем при однофазной сварке неплавящимся электродом. Также при трёхфазной сварке наблюдается более интенсивное катодное распыление, что позволяет повысить качество сварных соединений. Также облегчается ведение ремонтной сварки, так как при удалении горелки от изделия не происходит угасания дуги, так как в это время продолжается горение межэлектродной дуги. Это позволяет существенно повысить стабильность при ведении дуги по сложной траектории, что и происходит при ремонтной сварке.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи:

- разработать технологический процесс ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов с применением трёхфазной дуги;
- выполнить выбор оборудования и назначить параметры режима сварки;
- идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [4];
- провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [13], [14].

## **2 Проектная технология ремонтной сварки деталей из алюминиевого сплава**

### **2.1 Описание подготовительных операций**

Сварка деталей из алюминиевых сплавов требует соблюдения чистоты поверхности сварочной проволоки и подготовки поверхности детали перед сваркой. Для этого следует проводить тщательную очистку поверхности деталей перед сваркой, обеспечивая полное удаление жиров, влаги и окисной плёнки.

Главным затруднением при сварке алюминиевых сплавов является наличие на поверхности деталей тугоплавкой окисной плёнки, которая при попадании в сварочную ванну приводит к ухудшению механических свойств металла сварного шва. Это существенно снижает эксплуатационные свойства ремонтируемых деталей. Окисный слой, который получается на поверхности деталей из алюминиевых сплавов естественным путём, препятствует получению качественных швов, поэтому его нужно удалять и создавать на поверхности деталей искусственный защитный слой, имеющий меньшую толщину и который не будет препятствовать проведению сварки. Такой искусственно полученный защитный слой сохраняется на поверхности детали в течение 8...16 часов.

Перед восстановлением выполняют обезжиривание поверхности деталей с применением 10%го раствора гидроксида натрия, который имеет температуру 60...70 °С. Время воздействия раствора гидроксида натрия на деталь составляет 2...3 минуты. За это время происходит стравливание с поверхности детали окисной плёнки. После этого следует выполнить промывку детали в проточной холодной воде, что позволяет смыть остатки щелочи и продукты реакции. Далее при помощи сжатого воздуха выполняют просушку детали.

Особо тщательно следует очищать поверхность сварочной проволоки, так как в противном случае она становится источником загрязнений сварного шва, что приводит к образованию пористости. Следует учитывать что поверхность проволоки имеет значительную площадь, и чем меньше диаметр сварочной проволоки, тем сильнее проявляется отрицательное воздействие от загрязнений на её поверхности. Поверхность сварочной проволоки следует очищать химическим способом. При этом целесообразно обрабатывать не всю бухту, а протягивать проволоку через химические растворы.

Непосредственно перед сваркой выполняют очистку поверхности детали с применением металлической щетки. При этом щетина щётки выполняется из нержавеющей стали с диаметром не более 0,15 мм. Не рекомендовано применение наждачных кругов, так как происходит забивание их стружкой и образование на поверхности детали глубоких царапин. Эти царапины могут являться источником загрязнений для образования пор.

После того, как деталь очищена при помощи металлической щетки. Её следует протереть сухой ветошью. После такой проведённой подготовки сварка деталей должна быть выполнена в течение 5...6 часов. Если за указанное время сварку не проводили, детали подлежат повторной зачистке перед сваркой.

Ремонтная заварка трещины без её предварительной подготовки может привести к дальнейшему распространению трещины вглубь детали. Перед подготовкой трещины следует провести её визуальный осмотр для определения расположения её концов. Для обнаружения границ трещины можно использовать пламя газовой горелки, при этом не следует разогревать деталь до температур выше 100...150 °С.

После выявления концов трещины следует засверлить их, при этом центр сверла должен быть на 3...5 мм дальше конца трещины. Диаметр сверла должен быть 5 мм. Для разделки трещины применяется подрубка зубилом. При разделке несквозной трещины разделку следует выполнять на глубину, превышающую глубины залегания трещины на 3 мм.

## 2.2 Описание сварочных операций

Сварка трёхфазной дугой является перспективным способом, применение которого при ремонте деталей из алюминиевых сплавов наиболее рационально. В этом случае наблюдается повышение производительности ремонтных работ по сравнению со сваркой неплавящимся электродом. Для проведения ремонтной сварки предлагается применить разработку [19], [24], в которой предлагается подключать к средней фазе источника питания не изделие, а сварочную проволоку, как показано на рисунке 10.

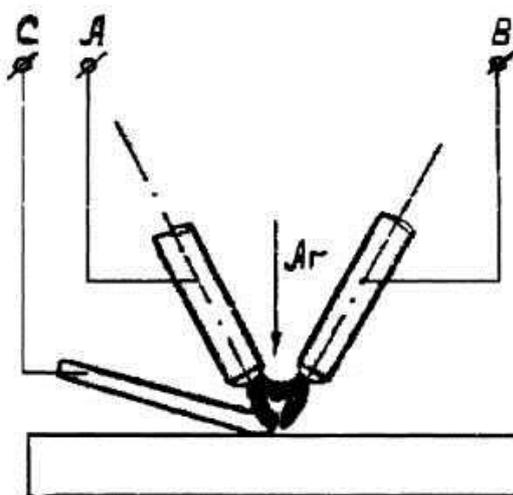


Рисунок 10 – Сварка трехфазной дугой с применением регулирования тепловложения

При описанной схеме подключения появляется возможность проведения регулирования энерговыделения при сварке в широком диапазоне величин. Это объясняется тем, что часть сварочного тока начинает протекать через проволоку, что позволяет перераспределять на неё часть тепловой энергии. При этом наблюдается увеличенный разогрев проволоки, а само изделие нагревается меньше. Кроме того, интенсифицируется процесс очистки поверхности присадочной проволоки за счёт механизма катодного распыления.

Описанный способ варки может применяться как при ручной, так и при автоматической сварке. Кроме того, наблюдается уменьшение остаточных

напряжений и деформаций в два раза по сравнению с ранее применявшимися способами сварки.

Следует отметить некоторое отличие технологии ремонтной сварки трехфазной дугой от традиционной сварки неплавящимся электродом. Во-первых, возбуждение дуги при сварке трёхфазной дугой выполняется касанием горелки кусочка угля. Это позволяет не зажигать дугу касанием детали и не приводит к образованию кратеров.

Во-вторых, за счёт возможности подвода сварочной горелки к детали с наиболее удобной стороны относительной дефектного места можно выбирать наиболее оптимальную схемы заварки дефектного места. Кроме того, возможность регулирования тепловложения в деталь при сварке позволяет избежать образования подплавлений и подрезов.

В-третьих, регулирование нагрева детали возможно за счёт изменения расстояния от горелки до поверхности детали, при этом не возникает риска обрыва сварочной дуги. Таким образом, становится возможным выполнять сварку по сложной траектории, огибая рельеф детали.

Назначение параметров режима сварки осуществим по литературным источникам [10] согласно таблице 3.

Таблица 3 – Ориентировочные режимы аргонодуговой сварки алюминия трехфазной дугой

b, мм	«Способ сварки	d <sub>э</sub> , мм		I <sub>св</sub> , А	v <sub>св</sub> , м/ч	Примечание
		Неплавящийся электрод	Присадочная проволока			
6	Ручная	3	3	150...180	8...12	Сварка на весу
10	Механизированная	8	2	390...430	28...30	Сварка без разделки, на подкладке» [24]

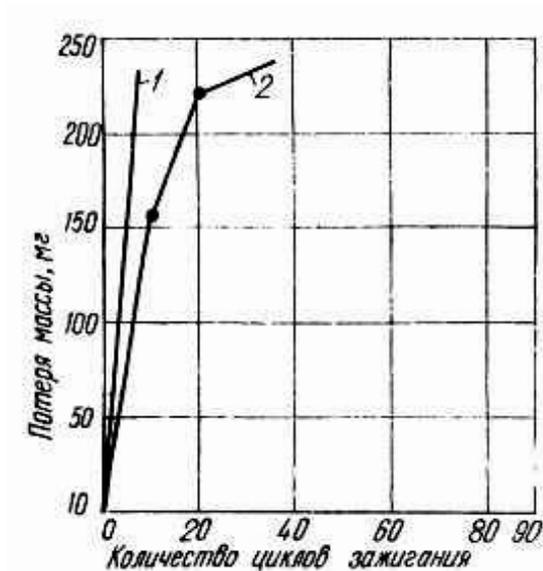
Заварку дефектного места выполняют в последовательности: замыкают присадочную проволоку на деталь, образуют сварочную ванну, подводят присадочную проволоку в сварочную ванну, наплавляют валик металла.

## 2.3 Описание сварочных материалов

В качестве неплавящегося электрода применяют электроды из чистого вольфрама или лантанированного вольфрама. Применение лантанированных электродов позволяет повысить стойкость электродов и увеличить ток сварки на 15 %.

Перед сваркой зачищают конец электрода под конус с углом при основании  $60^\circ$ , заточку ведут на расстояние 2...3 диаметра электрода.

На рисунке 11 показано преимущество применения лантанированных электродов перед электродами из чистого вольфрама, заключающееся в многократном повышении стойкости электродов к повторному возбуждению дуги.



1 – чистый вольфрам; 2 – лантанированный вольфрам

Рисунок 11 – Зависимость расхода вольфрама от количества циклов зажигания дуги

Для защиты зоны сварки от окружающего воздуха применяется аргон высшего сорта согласно ГОСТ 10157–79. Поставку аргона выполняют под давлением 15 МПа в баллонах объемом  $6,2 \text{ м}^3$ , которые должны быть окрашены в серый цвет. Внешний вид баллона для аргона представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Баллон для аргона, укомплектованный поплавковым ротаметром и редуктором

В качестве присадочной проволоки используем проволоку, предложенную авторами [18], состав которой представлен в таблице 4. «В области сварки алюминиевых сплавов известно, что рост крупных зерен является нежелательным, так как он может привести к трещинам и образованию горячих трещин. Одним из способов предупреждения роста крупных зерен является введение циркония или титана в присадочную проволоку (сварочную проволоку). Традиционной присадочной проволокой для сварки деталей из алюминиевого сплава является проволока из алюминиевого сплава диаметром обычно от 0,8 до 3,2 мм, содержащая те химические элементы, которые требуется ввести в сварное соединение. В этом контексте следует различать основу сплава проволоки, которую выбирают по ее металлургической совместимости со свариваемыми изделиями, и присадки, роль которых заключается в том, чтобы модифицировать первичную структуру затвердевания сварного соединения. Основа сплава присадочной проволоки должна обеспечивать получение зоны сварного шва с повышенной механической прочностью. Но именно первичная структура затвердевания сварного соединения может являться источником дефектов, некоторые из которых заметны сразу, тогда как другие

можно обнаружить только после эксплуатации сварной конструкции в течение некоторого времени» [18].

Таблица 4 – Содержание химических элементов в предлагаемой проволоке для ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов [18]

Основные компоненты				Примеси, не более		
«Al	Si	Cr	Zr	Fe	Zn+Sn	Cu» [18]
Остальное	4,5...6	0,8...1,2	0,7...1,2	0,6	0,1	0,2

Дополнительное повышение коррозионной стойкости сварного шва достигается за счёт введения в присадочную проволоку циркония и хрома. Также цирконий выступает в роли модифицирующей добавки, которая уменьшает структуру зерна сварного шва, что позволяет бороться с межкристаллитной коррозией.

#### 2.4 Описание сварочного оборудования

Для питания трёхфазной сварочной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете источник УДГТ-315 [6], [9], [25], внешний вид которого представлен на рисунке 13.

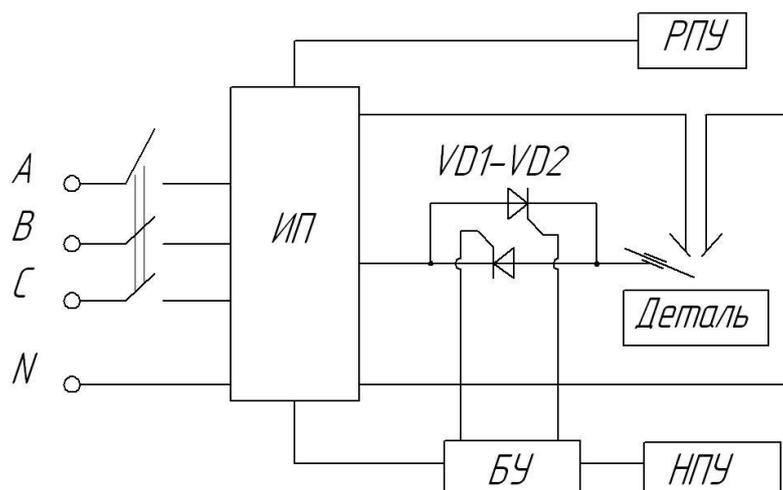


Рисунок 13 – Источник питания для трёхфазной сварки алюминиевых деталей

Этот источник имеет круто падающую вольтамперную характеристику, а за счёт изменения расстояния между первичными и вторичными обмотками

осуществляется изменение тока в широком диапазоне, составляющем 135...550 А.

В силовую схему источника питания дополнительно включен тиристорный регулятор VD1-VD2 согласно схеме на рисунке 14. Этот тиристорный регулятор включается в цепь питания сварочной проволоки. Блок управления БУ задаёт работу тиристорного регулятора, что позволяет плавно регулировать величину сварочного тока.



ИП – источник питания, БУ – блок управления, РПУ – ручной пульт управления, НПУ – ножной пульт управления, VD1-VD2 – тиристорный регулятор тока

Рисунок 14 – Блок-схема сварочного поста

«Управлять работой источника питания можно с пульта ручного управления РПУ или с использованием ножного пульта управления НПУ. При помощи пульта ручного управления обеспечивается задание параметров режима сварки и контроль его показаний» [25].

При помощи пульта ножного управления задаётся время включения и отключения средней фазы, которая подключена к присадочной проволоке. Ножной пульт управления позволяет выполнять управление работой источника, когда обе руки сварщика заняты.

Для сварки используется горелка РГТ-6, которая также была разработана в Тольяттинском государственном университете. Эта горелка позволяет поддерживать ток дуги до 350 А и выполнять сварку в различных

пространственных положениях, кроме того, возможно подсвечивание дефектного места [17].

Присадочную проволоку в зону сварки подают вручную. Для закрепления проволоки и обеспечения стабильного к ней токоподвода предлагается использовать электродержатель пассатижного типа ЭД-31.

### **Выводы по второму разделу**

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Для питания трёхфазной сварочной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете источник УДГТ-315 и сварочную горелку РГТ-6.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [4].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [13], [14].

### **3 Безопасность и экологичность технического объекта**

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

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

На основании анализа дефектов головки блока цилиндров установлено, что значительное количество дефектов составляют трещины, которые могут быть исправлены при помощи сварки.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Таблица 5 – Технологически паспорт объекта

«Наименование операции технологического процесса»	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции» [4]
1. «Подготовка дефектного участка»	Слесарь-сборщик	1) машина моечная 2) дробеструйная камера 3) щетка металлическая 4) компрессор 5) сверлильный станок	1) моющий раствор 2) вода техническая 3) ацетон
2. Заварка дефектного места	Электросварщик	1) источник питания 2) сварочная горелка	1) сварочная проволока 2) аргон
3. Контроль качества» [4]	Дефектоскопист	1) лупа 2) дефектоскоп 3) штангенциркуль 4) твердомер 5) контрольный стол	1) масло 2) кисть

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Анализ данных в таблице 5 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 6. Эти

факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;</li> <li>- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;</li> <li>- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока</li> </ul>	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Заварка дефектного места	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;</li> <li>- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;</li> <li>- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;</li> <li>- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;</li> <li>- нагрев поверхности деталей до высоких температур;</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;</li> <li>- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;</li> <li>- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;</li> <li>- ультразвуковое излучение</li> </ul>	

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение
- ультразвуковое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

### **3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков**

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Таблица 7 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 7. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

### **3.4 Обеспечение пожарной безопасности**

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 8. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 9.

Таблица 8 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок ремонтной сварки деталей машин	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4]	«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» [4].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4].

Таблица 9 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения» [4]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 10 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной сварки деталей машин	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [4].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [4].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 10.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 11.

Таблица 11 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная сварка деталей машин	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 12 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной сварки деталей машин
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 12.

### **Выводы по экологическому разделу**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

На основании анализа дефектов головки блока цилиндров установлено, что значительное количество дефектов составляют трещины, которые могут быть исправлены при помощи сварки.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены:

ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Для питания трёхфазной сварочной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете источник УДГТ-315 и сварочную горелку РГТ-6.

Анализ процесса ремонтной сварки позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

## **4 Экономическое обоснование предлагаемых решений**

### **4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

«Недостатками сварки неплавящимся электродом являются, во-первых, малая производительность по сравнению с механизированной сваркой. Во-вторых, высокие требования к квалификации сварщика, от которой существенно зависит качество сварных соединений» [5]. В-третьих, этот способ сварки предъявляет серьёзные требования к подготовке поверхности детали и присадочной проволоки.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Для питания трёхфазной сварочной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете источник УДГТ-315 и сварочную горелку РГТ-6.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [13].

В таблицу 13 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

Таблица 13 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	300	300
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	300 тыс.	800 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	10	10
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$m^2$	100	100
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ $m^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ $m^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [4]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

На основании данных в таблице 13 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

#### 4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как  $D_p = 277$  дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет  $T_{см} = 8$  часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет  $K_{см} = 1$ . С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:  $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$  ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют  $B = 7\%$ , таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  ч.

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время  $t_{\text{маш}}$ ), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время  $t_{\text{всп}}$ ), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания  $t_{\text{обсл}}$ ), личный отдых работников (время отдыха  $t_{\text{отд}}$ ), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время  $t_{\text{п-з}}$ ):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

По результатам подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.},$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,874 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_2 = F_3 / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_2.баз. = 2054 / 1,21 = 1700 \text{ за год},$$

$$П_2.проектн. = 2054 / 0,847 = 2425 \text{ за год}.$$

Далее расчёт экономического эффекта проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии  $\Pi_{г} = 1$  тыс. деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы  $K_{вн} = 1,03$ :

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{1,21 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,57$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{0,847 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,4$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования  $n=1$ . Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,57/1 = 0,57,$$

$$Kзп = 0,4/1 = 0,4.$$

#### 4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение контактной сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести сварочные электроды, сварочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $N_p$ , цены материалов  $Ц_m$  и коэффициента  $K_{тз}$  транспортно-заготовительных расходов по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{баз.} = (80 \cdot 0,0252 + 130 \cdot 0,414 + 3000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 60 \text{ руб.};$$

$$M_{баз.} = (80 \cdot 0,0216 + 130 \cdot 0,342 + 3000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 50 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени  $t_{шт}$  и часовой тарифной ставки  $C_ч$  с учётом коэффициента  $K_d$  доплат к заработной плате:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_d. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{осн.баз.} = 300 \cdot 1,21 \cdot 1,88 = 682 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 300 \cdot 0,847 \cdot 1,88 = 478 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{доп}$  рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат  $K_{доп}$  по ранее определённому значению основной заработной платы  $Z_{осн}$ :

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{доп.базов.} = 682 \cdot 12 / 100 = 82 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 478 \cdot 12 / 100 = 57 \text{ руб.}$$

«Расчёт объёма фонда заработной платы ФЗП выполняем как сумму основной заработной платы  $Z_{осн}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$ » [13]:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 682 + 82 = 764 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 478 + 57 = 535 \text{ руб.}$$

Размер «отчислений на социальные нужды  $O_{сн}$  определяем исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента  $K_{сн}$  отчислений на социальные нужды по формуле» [13]:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{баз.}} = 764 \cdot 34 / 100 = 260 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{проектн.}} = 535 \cdot 34 / 100 = 182 \text{ руб.}$$

«Для вычисления затрат на оборудование  $Z_{об}$  необходимо определить амортизационные отчисления  $A_{об}$  и затраты на электрическую энергию  $P_{ээ}$ » [13]:

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

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации  $H_a$ , эффективного фонда времени  $F_э$ , цены оборудования  $C_{об}$  и машинного времени  $t_{маш}$  с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 300000 \cdot 21,5 \cdot 1,21 / 2054 / 100 = 38 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 0,847 / 2054 / 100 = 71 \text{ руб.}$$

Для расчёта затрат на электрическую энергию, затрачиваемую при базовом и проектном вариантах технологического процесса, воспользуемся формулой [13], которая учитывает цену электрической энергии  $C_{ээ}$ , установленную мощность оборудования  $M_{уст}$  и коэффициент полезного действия КПД оборудования:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маши}} \cdot Ц_{\text{ээ}} / \text{КПД}. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 10 \cdot 1,21 \cdot 4,7 / 0,85 = 67 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 10 \cdot 0,847 \cdot 4,7 / 0,85 = 47 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{\text{баз.}} = 38 + 67 = 105 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 71 + 47 = 118 \text{ руб.}$$

«Величину технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$  определяем исходя из ранее рассчитанных затрат на фонд заработной платы ФЗП, материалы  $M$ , оборудование  $З_{\text{об}}$  и отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$ » [13]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}}. \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 60 + 764 + 260 + 105 + 40 = 1229 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 50 + 535 + 182 + 118 + 29 = 914 \text{ руб.}$$

«Величину цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$  определяем с учётом ранее рассчитанного значения технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $З_{\text{осн}}$ » [13] и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов  $K_{\text{цех}}$ :

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1229 + 1,5 \cdot 682 = 1229 + 1023 = 2252 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 914 + 1,5 \cdot 478 = 914 + 717 = 1631 \text{ руб.}$$

«Величину заводской себестоимости  $C_{зав}$  определяем с учётом ранее рассчитанного значения цеховой себестоимости  $C_{цех}$ , основной заработной платы  $Z_{осн}$ » [13] и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов  $K_{цех}$ :

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2252 + 1,15 \cdot 682 = 2252 + 784 = 3036 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1631 + 1,15 \cdot 478 = 1631 + 550 = 2181 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	60	50
2. Фонд заработной платы	ФЗП	764	535
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	260	182
4. Затраты на оборудование	Зоб	105	118
5. Затраты на площади		40	29
6. Технологическая себестоимость	Стех	1229	914
7. Цеховые расходы	Рцех	1023	717
8. Цеховая себестоимость	Сцех	2252	1631
9. Заводские расходы	Рзав	784	550
10. Заводская себестоимость» [6]	$C_{зав}$	3036	2181

На основании данных в таблице 14 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

#### 4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат  $K_{\text{общ. б.}}$  при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования  $K_{з. б.}$  и стоимости оборудования  $C_{\text{об. б.}}$ , которые были определены для базового варианта технологии:

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

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для «выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы  $T_c$ , рыночной стоимости оборудования  $C_{\text{перв}}$  и нормы амортизации  $H_a$ » [13]:

$$C_{\text{об. б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

Подстановка значений параметров из таблицы исходных данных позволяет получить:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 300000 - (300000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 106500 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 106500 \cdot 0,57 = 60705 \text{ руб.}$$

«Размер капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  и затрат на оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ » [13]:

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

Величина капитальных вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$  рассчитывается по цене оборудования  $C_{\text{об. пр.}}$  с учётом коэффициента загрузки оборудования  $K_{зп}$  и коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{тз}$ :

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{мз} \cdot K_{зн}. \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр.} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 336000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат  $K_{соп}$  при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов  $K_{монт}$  на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов  $K_{дем}$  на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

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

«Величина затрат на демонтаж  $K_{дем}$  и монтаж  $K_{монт}$  оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений» [13]:

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 1 \cdot 300000 \cdot 0,05 = 15000 \text{ руб.}$$

$$K_{монт} = 800000 \cdot 0,05 = 40000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 15000 + 40000 = 65000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 336000 + 65000 = 401000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{дон}} = 401000 - 60705 = 340295 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения  $K_{\text{уд}}$  для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы  $\Pi_{\text{Г}}$  как:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{Г}}. \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{удБаз.}} = 60705/1000 = 60,7 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 401000 / 1000 = 401 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости  $\Delta t_{\text{шт}}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии  $t_{\text{шт.б.}}$  и штучному времени по проектному варианту технологии  $t_{\text{шт.пр.}}$ :

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт.б.}} - t_{\text{шт.пр.}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт.б.}}. \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,21 - 0,847}{1,21} \cdot 100\% = 30\%$$

Повышение производительности труда  $\Pi_{\text{т}}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости  $\Delta t_{\text{шт}}$ :

$$\Pi_{\text{т}} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}). \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_m = 100 \cdot 30 / (100 - 30) = 43 \text{ \%}.$$

Снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (28)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1229 - 914) \cdot 100\% / 1229 = 26 \text{ \%}.$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Пр_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{yg}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot П_2. \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{y.g.}} = (3036 - 2181) \cdot 1000 = 855000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{yg}}. \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 340295 / 855000 = 0,4 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_g$ , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E}_{\text{yg}} - E_n \cdot K_{\text{дон}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_2 = 855000 - 0,33 \cdot 340295 = 742702 \text{ руб.}$$

### **Выводы по экономическому разделу**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 30 %, а производительность труда увеличилась 43 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 26 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,855 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,4 года.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки головки блока цилиндров двигателя бульдозера D375.

На основании анализа дефектов головки блока цилиндров установлено, что значительное количество дефектов составляют трещины, которые могут быть исправлены при помощи сварки.

Базовый вариант технологии предусматривает сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

Недостатками сварки неплавящимся электродом являются, во-первых, малая производительность по сравнению с механизированной сваркой. Во-вторых, высокие требования к квалификации сварщика, от которой существенно зависит качество сварных соединений. В-третьих, этот способ сварки предъявляет серьёзные требования к подготовке поверхности детали и присадочной проволоки.

При анализе состояния вопроса выполнен обзор альтернативных способов ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов. Рассмотрены: «ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в инертных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, сварка трехфазной дугой» [5].

Для достижения поставленной цели предстояло решить задачи:

- разработать технологический процесс ремонтной сварки деталей из алюминиевых сплавов с применением трёхфазной дуги;
- выполнить выбор оборудования и назначить параметры режима сварки;
- идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению;

- провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа сварки для построения проектной технологии предложим использовать сварку трёхфазной дугой.

Для питания трёхфазной сварочной дуги применим разработанный в Тольяттинском государственном университете источник УДГТ-315 и сварочную горелку РГТ-6.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 30 %, а производительность труда увеличилась 43 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 26 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,855 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,742 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,4 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях, выполняющих ремонтную сварку деталей машин из алюминиевых сплавов.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
2. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
3. Бродский, А. Я. Аргодуговая сварка вольфрамовым электродом / А. Я. Бродский. – М. : Изд-во "Машгиз", 1956. – 395с.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Гуревич, С. М. Справочник по сварке цветных металлов / С. М. Гуревич. – Киев : Изд-во «Наукова думка», 1981. – 608с.
6. Гуров В. А. История кафедры «Оборудование и технология сварочного производства и пайки» Тольяттинского государственного университета (1960–2014 гг.) // Концепт. 2015. № 22. С. 1–11.
7. Зайцев, О.И. Прогнозирование параметров режима при импульсно-дуговой сварке алюминиевых сплавов : дис. ... канд. Техн. Наук : 05.03.06 / О. И. Зайцев ; Тульский государственный университет. Тула, 2003.
8. Ельцов В. В., Карелин В. И., Кондрашова С. В. Комплект универсального оборудования для ремонтной сварки изделий из легких сплавов // Сварочное производство. 1984. № 9. С. 35–36.
9. Ельцов В. В., Потехин В. П., Зеленков А. С. Формирование сварочной ванны при наплавке трехфазной дугой неплавящимися электродами с подачей присадочной проволоки // Ремонт, восстановление, модернизация. 2006. № 12. С. 2-6.
10. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка изделий из сплавов магния и алюминия трехфазной дугой: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ. – 2002.

11. Ищенко, А. Я. Аргоно-дуговая сварка алюминиевых сплавов АМг5 и 01381 на постоянном, переменном и асимметричном токе / А. Я. Ищенко, В. А. Мишенков, А. Г. Чаюн // Автоматическая сварка. – 1978. – № 11. – С. 46-48.
12. Короткова Г. М. Источники питания переменного тока для сварки неплавящимся электродом алюминиевых сплавов : монография. Тольятти : ТГУ, 2009. 335 с.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
15. Лапин, И. Е. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки / И. Е. Лапин, В. А. Косович. – Волгоград: ВолгГТУ, 2001. – 190 с.
16. Лебедев В. А. Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2007. № 11. С. 26–30.
17. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
18. Патент № 2378095 РФ, МПК В23К35/28. Присадочная проволока для сварки алюминиевых сплавов / Л. Котиньи, С. Ж. Клодин, Ф. Жарри. Оpubл.10.01.2010, Бюл. № 1.
19. Патент № 2418661 РФ, МПК В23К 9/167 Способ сварки трёхфазной дугой / В. В. Ельцов, А. С. Зеленков, О. А. Дитенков, П. В. Харитонов. Оpubл.20.05.2011, Бюл. № 14.
20. Рабкин, Д. М. Сварка алюминия и его сплавов / Д. М. Рабкин, В. Г. Игнатьев, И. В. Довбищенко. – Киев: Изд-во "Наукова думка", 1983. – 80 с.

21. Ситявин, Ю. И. Структура и свойства сварных швов алюминиевых сплавов в зависимости от некоторых факторов технологии сварки / Ю. И. Ситявин, Ю. С. Терминасов, Г. Л. Зубриенко // Сварочное производство. – 1979. – №8. – С. 28-29.

22. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 268 с.

23. Современные способы дуговой сварки алюминиевых сплавов (Обзор) // Автоматическая сварка. 1994. – № 5–6. – С. 35–37.

24. Столбов В. И., Печенкина В. А., Масаков В. В. Заварка дефектов алюминиевого литья трехфазной дугой // Сварочное производство. 1978. № 10. С. 19–20.

25. Столбов В. И., Шаповалов В. А., Цепенев Р. А., Короткова Г. М. Об управлении сварочным током в источниках питания трехфазной дуги // Сварочное производство. 1982. № 10. С. 24–25.

26. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Изд-во "Машиностроение", 1974. – 768 с.

27. Юсуфова, З. А. О механизме разрушения окисных плён в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов / З. А. Юсуфова // Сварочное производство. – 1979. – № 10. – С. 25-26.