

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 ремонтной наплавки вилки карданного вала

Обучающийся

И.С. Русаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Одним из наиболее изнашивающихся элементов грузоперевозящей техники являются узлы механических трансмиссий. При этом вследствие особенностей работы долговечность карданной передачи оказывается на 30...50 % ниже долговечности остальных агрегатов трансмиссии.

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – расширение технологических возможностей и повышение эффективности восстановления вилки карданного вала автомобилей. Для базового варианта технологии, которая выполняется с применением ручной дуговой наплавки, сформулированы недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели.

При анализе состояния вопроса были рассмотрены варианты построения технологического процесса с применением различных способов восстановительной наплавки. После оценки преимуществ и недостатков каждого способа принято решение применить наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Проведен анализ источников научно-технической информации по вопросу расширения технологических возможностей наплавки в защитных газах предложен способ импульсного управления дугой. Предлагаемый способ позволяет повысить качество и производительность наплавки.

С учётом капитальных вложений годовой экономический эффект составил 0,621 млн. рублей.

На основании проведенных экономических расчётов принято решение об экономической эффективности представленных в работе решений.

Результаты представленной на защиту работы могут быть внедрены в производство и рекомендуются для предприятий, проводящих восстановление деталей машин с применением дуговых способов.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной наплавки вилки карданного вала. . .	7
1.1 Описание конструкции детали и особенностей её дефектов.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления вилки карданного вала. . .	9
1.3 Описание операций базовой технологии восстановления вилки карданного вала.	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	14
2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки вилки карданного вала.	15
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной наплавки.	15
2.2 Расширение технологических возможностей наплавки в защитных газах.	22
2.3 Описание операций технологического процесса восстановительной наплавки.	25
3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы. . .	28
3.1 Описание рассматриваемого технического объекта.	28
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	30
3.3 Снижение профессиональных рисков.	32
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.	33
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	35
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	37
4.1 Исходная информация для выполнения экономического обоснования.	37
4.2 Расчёт фонда времени.	39
4.3 Штучное время по базовому и проектному вариантам технологии.	40
4.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимости по вариантам технологии.	42

4.5 Расчёт капитальных затрат по проектной и базовой технологии. . .	46
4.6 Показатели эффективности предлагаемых решений.	48
Заключение	51
Список используемой литературы и используемых источников.	53

Введение

Самым массовым видом транспорта, который позволяет закрыть потребности общества в доставке и перевозке грузов, является автомобильный транспорт. На долю автомобилей в Российской Федерации приходится порядка 50 % объёмов перевозок различных грузов. При этом функционал выполнения транспортных функций обеспечивается многомиллионным парком автомобилей, который представлен грузовиками, различного вида платформами, автобусами, цистернами, полуприцепами. Для того, чтобы обеспечить эффективное использование автомобильного транспорта, следует проводить своевременный ремонт его агрегатов и узлов, т.е. поддерживать весь парк автомобилей в исправном состоянии.

Своевременное обеспечение запасными частями в значительной мере обеспечивает техническую готовность автомобильного парка к выполнению своих функций. При этом частота замены деталей машин определяется особенностями их работы. Одним из наиболее изнашивающихся элементов грузоперевозящей техники являются узлы механических трансмиссий. При этом вследствие особенностей работы долговечность карданной передачи оказывается на 30...50 % ниже долговечности остальных агрегатов трансмиссии [3], [20], [21]. В процессе эксплуатации карданной передачи в ней возникают динамические и вибрационные нагрузки, которые существенно ухудшают условия работы по сравнению с другими элементами трансмиссии и приводят к ускоренному износу.

Карданная передача получила широкое распространение при построении транспортных механизмов: в автомобилях (при передаче момента вращения двигателя на задний мост), в вертолестроении (при передаче момента вращения от двигателя на лопасти пропеллера), в вагоностроении (при передаче момента вращения от вала редуктора подвагонному генератору).

При работе карданного вала происходит интенсивный износ его вилки сцепления, на рабочей поверхности которой начинают образовываться различные дефекты, поэтому для поддержания вилки сцепления в рабочем состоянии эти дефекты требуется устранять. Наиболее интенсивно изнашиваются отверстия под подшипники и направляющая шейки. Для восстановления геометрии и функционирования вилок карданного вала применяют различные технологические приёмы, к которым относят наплавку с последующей шлифовкой, правку щек вилки на специализированном станке, установку компенсирующих вкладышей и электрохимическое наращивание.

Проведение восстановительных операций позволяет получить исходную форму трущихся поверхностей и из физико-механические свойства и обладает существенным экономическим потенциалом. При этом следует признать значительное количество трудностей, которые сопровождают применение современных технологических приёмов для восстановления вилок карданных валов.

Требования к обеспечению работоспособности и техническим возможностям ремонтных технологий возрастают в связи с увеличением мощности, грузоподъёмности и скорости автомобилей, что приводит к повышению износа его деталей [9], [16].

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью настоящей выпускной квалификационной работы – расширение технологических возможностей и повышение эффективности восстановления вилки карданного вала автомобилей.

Достижение поставленной цели должно выполняться с учётом мирового и отечественного опыта построения восстановительных технологий, при этом основной упор следует делать на разработки отечественных авторов, что позволяет повысить эффективность российского производственного сектора [11], [17], [30].

1 Современное состояние ремонтной наплавки вилки карданного вала

1.1 Описание конструкции детали и особенностей её дефектов

На рисунке 1 представлена вилка карданного вала автомобиля КРАЗ-260, которая располагается на карданном валу. Карданная передача служит для того, чтобы крутящий момент от коробки передач поступал к главной передаче, при этом передача крутящего момента может быть осуществлена и под углом. Для изготовления вилки карданного вала используется углеродистая качественная сталь 40Х, которая позволяет получить твёрдость порядка 229...269 НВ.



Рисунок 1 – Вилка карданного вала

Условия работы вилки карданного вала характеризуются повышенными нагрузками. Износ рабочих поверхностей является следствием усталостного разрушения в условиях недостаточной смазки. Сама карданная передача становится элементом, который определяет долговечность и надёжность трансмиссии автомобиля. На рассматриваемой детали можно указать три типа возникающих дефектов, особенности расположения которых представлены на рисунке 2.

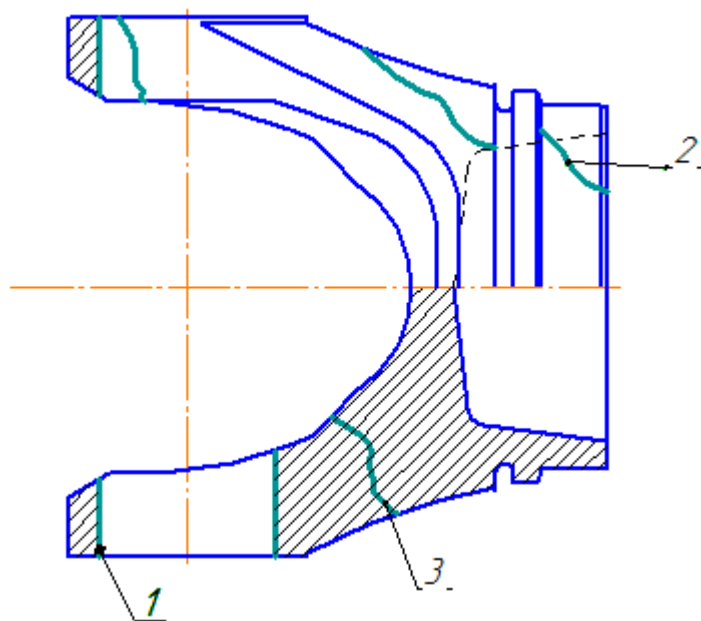


Рисунок 2 – Особенности расположения дефектов на вилке карданного вала

Первым дефектом является износ отверстия под подшипник, который обозначен на рисунке позицией 1. Вторым характерным дефектом является трещина в корпусе вилки, которая обозначена на рисунке позицией 2. Третьим характерным дефектом является облом ушка вилки, который показан на рисунке позицией 3. Дефекты вилки карданного вала возникают по причине заранее заложенных в конструкцию и получающих развитие в ходе эксплуатации заводских дефектов, ударных и знакопеременных нагрузок при эксплуатации автомобиля, работы узла в условиях недостаточной смазки. Представленные на рисунке 2 дефекты следует отнести к локальным, не распространяющимся на все тело конструкции карданного вала. Исходя из этого, устранение рассматриваемых дефектов позволяет продлить эксплуатационный ресурс карданного вала на величину не менее 80 %.

Повышение эффективности восстановления карданного вала позволяет увеличить экономические показатели автомобильного хозяйства и существенно снизить конечную стоимость перевозимого груза для потребителя.

1.2 Сведения о материале для изготовления вилки карданного вала

Для изготовления рассматриваемой в настоящей выпускной квалификационной работе вилки карданного вала применяется сталь 40Х. Содержание химических элементов в стали 40Х представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 40Х

С	Cr	Mn	Si	Ni	S	P
0,36...0,44	0,8...1,1	0,5...0,8	0,17...0,37	До 0,3	До 0,035	До 0,035

При сварке и восстановительной наплавке следует указать трудности, с которым предстоит встретиться при построении проектной технологии [26].

В качестве первой трудности следует указать опасность образования горячих трещин, которые представляют собой разрушение металла между его кристаллитами. Образование горячих трещин происходит в процессе кристаллизации металла и при высоких температурах в кристаллическом состоянии. Причиной образования горячих трещин является действие растягивающих напряжений при кристаллизации и остывании металла, величина которых может превышать деформационную способность металла, что вызывает разрыв.

Второй трудностью при сварке и наплавке является образование холодных трещин, что происходит по причине образования значительных растягивающих напряжений в металле при структурных превращениях. Зарождение холодных трещин происходит после охлаждения металла ниже 200 °С, а последующее развитие холодных трещин происходит в течение нескольких суток после сварки и наплавки.

Третьей трудностью является разупрочнение основного металла, что проявляется в снижении его характеристик под действием термического цикла при сварке и наплавке. Разупрочнение вызывает снижение длительной прочности сварного соединения. При сварке и наплавке с увеличенной погонной энергией степень разупрочнения металла повышается.

Возникающая при разупрочнении мягкая прослойка металла становится причиной разрушения конструкции при длительной эксплуатации в условиях знакопеременных нагрузок.

Для устранения опасности получения горячих трещин при сварке и наплавке необходимо ручную дуговую наплавку выполнять с минимальной длиной дуги, поперечные колебания при перемещении электрода не применять. При сварке следует уменьшить тепловое воздействие на металл за счёт снижения сварочного тока и уменьшения числа проходов. Необходимо обеспечивать тщательное заплавление кратеров, при этом следует убеждаться в отсутствии кратерной трещины, запрещается выводить кратеры на основной металл. Применение порошковой проволоки при сварке и наплавке позволяет эффективно бороться с образованием горячих трещин.

Для устранения опасности образования холодных трещин следует назначать такие режимы и технику сварки, которые обеспечивают минимальное время нахождения металла околошовной зоны в перегретом состоянии. Также эффективными оказываются применение предварительного подогрева и сопутствующего подогрева. При этом наибольшая эффективность наблюдается при сочетании предварительного подогрева до 200...300 °С режимов сварки с минимальной погонной энергией. Снижению вероятности образования холодных трещин может способствовать дополнительное легирование металла сварного шва. Также следует применять сварочные материалы с пониженным содержанием водорода и выполнять тщательную зачистку места сварки наплавки от загрязнений и влаги.

Для устранения опасности разупрочнения следует, в первую очередь, правильно назначать параметры термической обработки после сварки наплавки. Проведение нормализации с отпуском позволяет эффективно бороться с разупрочнением. Также следует стремиться к снижению содержания углерода в наплавленном металле.

1.3 Описание операций базовой технологии восстановления вилки карданного вала

Базовый вариант восстановительной наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки. Технологический процесс начинается с проведения мойки детали. Для мойки применяется состав МЛ-51 или МЛ-52, которые имеют щелочную среду. В них входит каустическая сода, кальцинированная сода и тринатрий фосфат. Температура моющей среды составляет 75...80 °С, используется концентрация раствора 10...30 грамм на один литр воды. Длительность промывки в щелочном растворе составляет 30...40 минут. Для выполнения операции промывки используется помывочная машина АМ700 ЛК, которая представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Помывочная машина АМ700 ЛК

После промывочной операции следует дефектовочная операция, для которой применяется лупа, штангенциркуль, индикаторный нутромер. В ходе проведения этой операции происходит разделение деталей на три группы.

К первой группе относят годные детали, геометрия которых лежит в нормативных пределах и которые не имеют недопустимых дефектов. Такие

детали подлежат использованию в комплектовании узлов или отправляются на склад готовой продукции.

«Ко второй группе относят детали, которые имеют износ и повреждения, исправление которых возможно с привлечением средств, имеющихся на предприятии. Такие детали подлежат ремонту и отправляются на склад для ремонтируемых деталей» [13].

К третьей группе относят детали, которые не могут быть восстановлены или их восстановление представляется нецелесообразной. Такие детали отправляются на склад забракованной продукции и подлежат утилизации.

Следующей операцией является предварительный подогрев, который ведут с применением ацетиленового пламени. Предварительный подогрев ведут до температуры 250...300 °С.

После предварительного подогрева проводят наплавку поверхностей вилки карданного вала. «В качестве источника питания применяется сварочный аппарат Русич С 300, который представлен на рисунке 4. Наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности. Сила тока наплавки составляет 120...140 А при напряжении на дуге 22...24 В» [25]. При наплавке валиков припуск на механическую обработку должен составлять 1,5...2 мм, валики должны перекрываться на 30...50 %. Наплавку ведут электродами ОЗН-250 диаметром 4 мм.



Рисунок 4 – Сварочный аппарат Русич С 300

После наплавки проводят фрезерование поверхностей вилки с применением фрезерного станка 6К82Ш.

Далее проводят закалку вилки токами высокой частоты. Для этого используется установка индукционного нагрева ИМ 50-80-50, представленная на рисунке 5.



Рисунок 5 – Установка индукционного нагрева ИМ 50-80-50

В качестве недостатков базовой технологии следует указать несколько важных моментов. Во-первых, при ручной дуговой наплавке не удаётся получить высокую стабильность механических свойств и химического состава наплавленного металла, происходит частичное перемешивание наплавленного металла с основным металлом. Во-вторых, высокая погонная энергия при наплавке по базовому варианту может стать причиной нарушения геометрии детали и её бракование. Ручная дуговая наплавка характеризуется тяжелыми условиями труда сварщика. Также следует отметить низкую производительность процесса и низкое качество наплавки, которое также существенно зависит от квалификации и кондиции сварщика.

На основании проведённого анализа недостатков базового варианта технологического процесса восстановительной наплавки следует признать необходимость поиска альтернативных способов восстановления рассматриваемой в настоящей выпускной квалификационной работе детали.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Представленная на защиту выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности технологий восстановления деталей машин на примере вилки карданного вала. Для базового варианта технологии, которая выполняется с применением ручной дуговой наплавки, сформулированы недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели. После выполнения аналитического раздела может быть выполнена постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы. Первой задачей является проведение обоснованного выбора способа наплавки применительно к деталям типа карданных валов. Следует рассмотреть возможные способы, провести анализ их преимуществ и недостатков и на основании экспертной оценки рассмотренных способов принять решение о выборе способа для построения проектной технологии восстановительной наплавки. Второй задачей является построение проектного технологического процесса. Решение этой задачи предусматривает формулировку операций проектного технологического процесса, составление требований к выполнению каждой операции. Для каждой операции следует привести параметры режима и выбрать необходимое технологическое оборудование.

В оценочных разделах следует выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов проектного технологического процесса. Далее следует предложить организационные мероприятия и технические решения по их устранению. Также следует рассмотреть производственный участок на предмет обеспечения пожарной и экологической безопасности [2], [6]. При оценке экономической эффективности предлагаемых решений предстоит рассчитать экономические показатели проектного и базового вариантов технологии, по результатам сравнения которых следует сделать вывод о целесообразности внедрения решений в производство [12], [13].

2 Построение проектной технологии восстановительной наплавки вилки карданного вала

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной наплавки

Ограничения, которые накладываются на предприятия в связи с ухудшающейся финансовой и политической обстановкой, заставляют обоснованно подходить к выбору рационального способа восстановления деталей машин [8], [19], [29]. К наиболее распространённым технологиям следует отнести металлизацию, наплавку, плазменные способы и лазерные способы.

Самым распространённым вследствие относительной простоты и универсальности является ручная дуговая наплавка [18], [22]. Схема выполнения ручной дуговой наплавки представлена на рисунке 6. При выполнении этого способа электрическая дуга (обозначена на рисунке позицией 3) горит между изделием и электродом (обозначен на рисунке позицией 1). Наплавленный слой формируется за счёт расплавления основного металла и металла электрода, которые перемешиваются в сварочной ванне (обозначена на рисунке позицией 2). Защита перегретого наплавленного металла (обозначен на рисунке позицией 5) обеспечивается шлаковой коркой (обозначена на рисунке позицией 6). При способе происходит проплавление основного металла (позиция 4) на некоторую толщину, зависящую от режимов и техники наплавки.

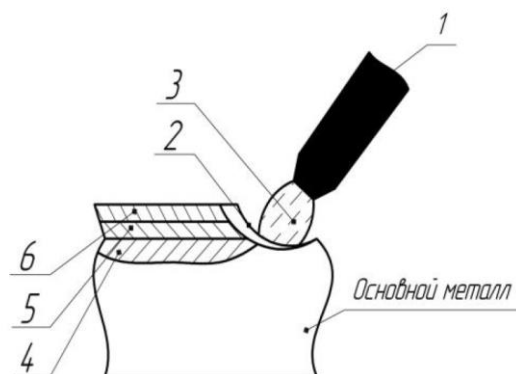


Рисунок 6 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

Получение требуемой толщины наплавленного слоя достигается при наплавке за один проход или за несколько проходов. При наплавке в несколько слоёв существует возможность применения электродов с различным составом, что позволяет получить промежуточные слои. Повышение производительности наплавки достигается за счёт применения электродов диаметром 3...6 мм и более [18], [19].

Следует указать недостатки ручной дуговой наплавки, наличие которых заставляет рассматривать возможность внедрения альтернативных способов восстановления деталей машин. Первым недостатком является малая производительность наплавочных работ. Также следует принимать во внимание, что стабильность процесса наплавки снижается вследствие изменения условий наплавки по мере плавления электрода и необходимости прерывать процесс для его замены. Вторым недостатком следует указать вредные условия труда сварщика и зависимость качества наплавочных работ от квалификации и кондиций сварщика.

На рисунке 7 представлена схема выполнения механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Подача проволоки происходит из кассеты 1, откуда проволока механизмом подачи подается в наплавочную головку 2. Подача защитного газа осуществляется из газового баллона 7 через подогреватель газа 6, осушитель 5 и редукционный клапан 4. Скорость расходования защитного газа при наплавке регулируется при помощи редукционного клапана 4 по показаниям расходомера 3. «Наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения позволяет повысить производительность и качество выполнения работ по сравнению с ручной дуговой наплавкой. Также следует отметить существенное улучшение условий труда сварщика» [8]. Высокая стабильность процесса наплавки обеспечивается тем, что отсутствует необходимость останавливать процесс для смены электрода и отбивать шлаковую корку. Способ может быть применен для различных пространственных положений.

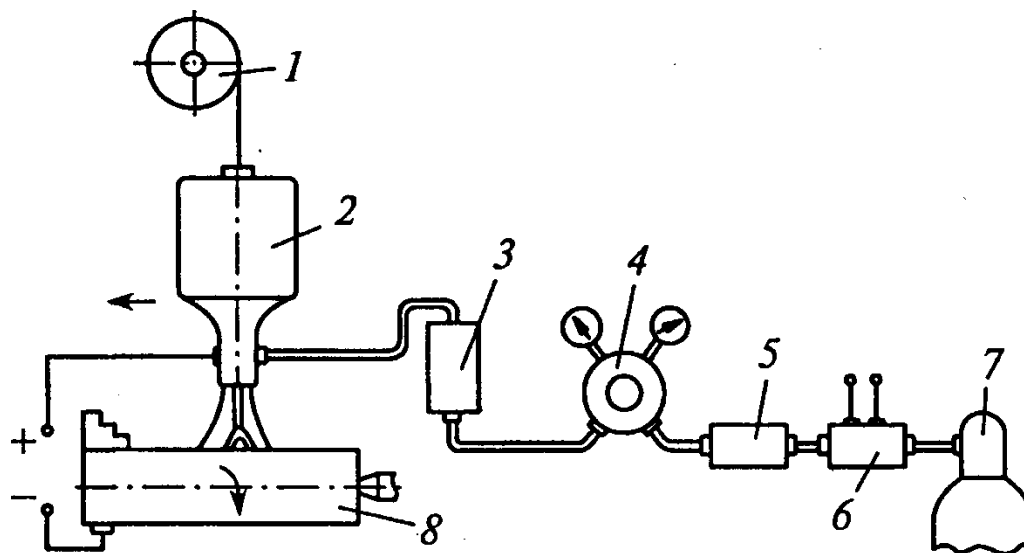


Рисунок 7 – «Схема выполнения механизированной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения» [18]

В качестве недостатков наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения «следует указать сильное разбрызгивание электродного металла, которое ухудшает качество и не позволяет применять форсированные режимы наплавки» [8]. Также следует указать на сложность и дороговизну получения легированных проволок сплошного сечения. Расширение технологических возможностей наплавки проволоками сплошного сечения возможно при использовании достижений в области импульсного управления подачей проволоки и горением сварочной дуги. Работы в этом направлении ведут современные производители сварочного оборудования, получены значительные успехи в области повышения качества и стабильности процесса.

На рисунке 8 представлена схема наплавки порошковой проволокой. Изготовление порошковой проволоки является более дешевым и простым процессом по сравнению с изготовлением легированной проволоки сплошного сечения. При этом за счёт состава шихты проволоки можно добиться эффективной защиты зоны сварки выделяющимися газовыми компонентами, при которой не требуется применение газовой аппаратуры, что существенно упрощает процесс восстановительной наплавки [23], [24].

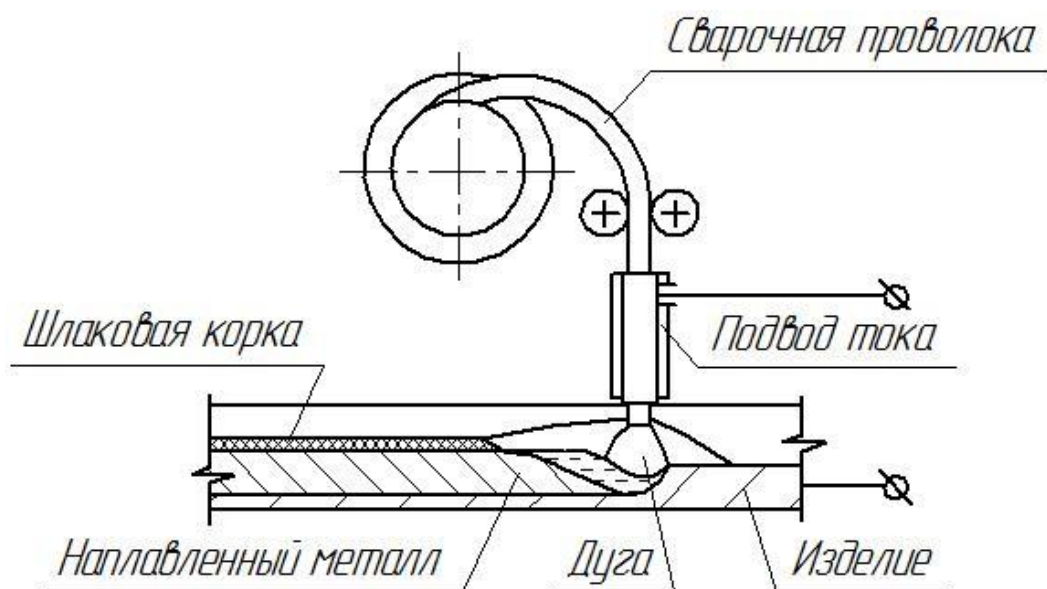


Рисунок 8 – Схема наплавки порошковой проволокой

Следует отметить сложности, сопровождающие восстановительную наплавку с применением порошковых проволок. Во-первых, неравномерное плавление металлической оболочки проволоки и шихты приводит к высыпанию части нерасплавившейся шихты в сварочную ванну, что вызывает образование пористости наплавленного металла. Во-вторых, порошковая проволока, имеющая тонкую металлическую оболочку, обладает существенно меньшей жесткостью по сравнению с проволоками сплошного сечения, в результате возникают трудности в подаче порошковой проволоки, которая имеет склонность к заломам и застреванию в подающем механизме. В-третьих, шлак при наплавке порошковой проволоки обладает повышенной текучестью, что становится причиной образования шлаковых включений в наплавленном металле [31], [32]. Кроме того, сложность организации производства порошковой проволоки на территории Российской Федерации приводит к необходимости применения дорогостоящей проволоки иностранного производства.

Ещё одним эффективным способом восстановления изношенных деталей машин является плазменная наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 9 [4]. Для питания сжатых дуг применяются источники постоянного тока 1 (для питания дуги прямого действия) и 3 (для

питания дуги косвенного действия). Регулировку тока выполняют с применением балластных сопротивлений 2. Для стабильного зажигания дуги служит осциллятор 4. Плазмообразующий газ поступает через сопло 5. Подача присадочного порошка от питателя 8 проходит через трубку 9, через которую поступает транспортирующий газ. В корпус горелки 6 помимо присадочного порошка с транспортирующим газом через отверстие 7 вводится защитный газ. Таким образом, в процессе плазменной наплавки принимают участие плазмообразующий газ, транспортирующий газ и защитный газ.

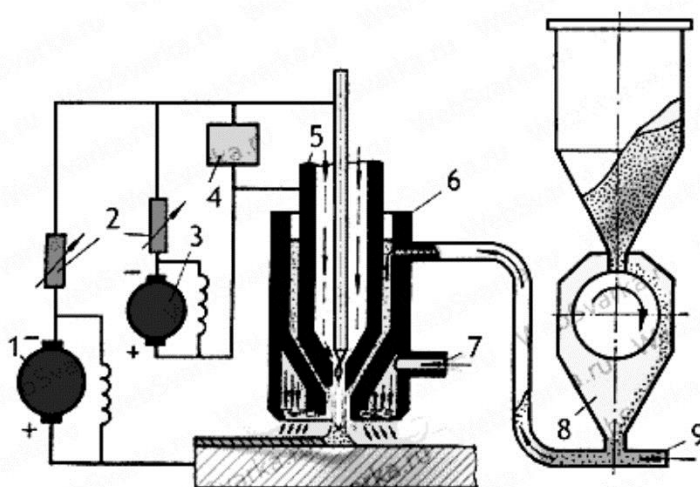


Рисунок 9 – Схема выполнения плазменной наплавки

В числе преимуществ плазменной наплавки следует отметить высокую производительность, которая может достигать 6 килограммов в час по расходу наплавочного порошка. Плазменная наплавка позволяет получить наплавленный слой с высокой долговечностью, кроме того, экономические показатели плазменной наплавки выше, чем показатели выше рассмотренных способов восстановительной наплавки [5], [14], [25].

В числе недостатков плазменной наплавки следует указать высокую стоимость и сложность оборудования. Кроме того, выпуск оборудования для плазменной наплавки на территории Российской Федерации затруднён, а обслуживание иностранного оборудования сопряжено с определёнными сложностями.

Одним из перспективных способов восстановления деталей машин следует признать лазерную наплавку, схема выполнения которой представлена на рисунке 10. Наплавочный материал подаётся в основном в виде присадочного порошка. В отличие от дуги, которая является концентрированным источником энергии, луч лазера может считаться высококонцентрированным источником энергии, что существенно расширяет технологические возможности способов наплавки с применением лазерного луча [7], [27].

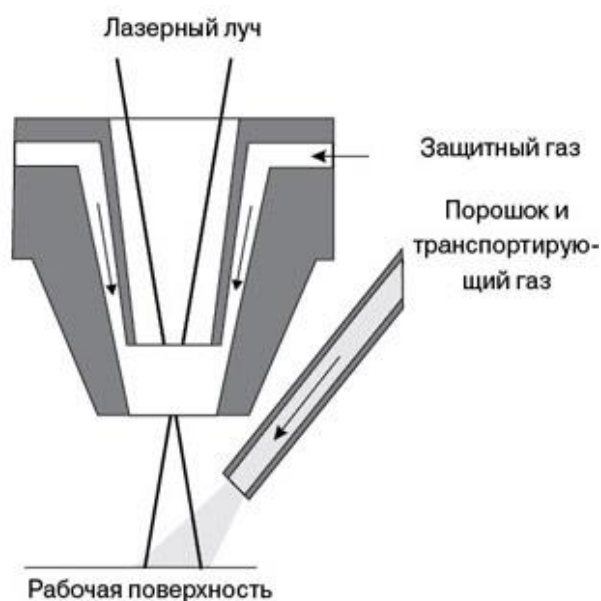


Рисунок 10 – Схема лазерной наплавки с боковой подачей порошка

Первым преимуществом лазерной наплавки является возможность регулирования в широких пределах свойств наплавленного металла в зависимости от параметров режима и состава присадочного материала. Вторым преимуществом лазерной наплавки является высокая стабильность поддержания химического состава наплавленного слоя с возможностью получения равноосных межкристаллических структур. Третьим преимуществом является малое термическое влияние на основной металл. Четвёртым преимуществом следует указать уменьшение размеров припуска на механическую обработку по сравнению с ранее рассматриваемыми

способами восстановительной наплавки деталей машин, что объясняется малой шероховатостью наплавленного слоя.

Существенные недостатки лазерной наплавки ограничивают применение этого способа восстановительной наплавки в промышленности. Первым недостатком является высокая вероятность образования холодных микротрещин в наплавленном слое, причиной возникновения которых является высокий уровень растягивающих напряжений. Вторым недостатком следует указать высокую вероятность получения неметаллических включений и пор в наплавленном слое, что возникает по причине наличия неметаллических включений в наплавочном порошке. Третьим недостатком является высокая стоимость оборудования для лазерной наплавки, применительно к которому не наработано опыта положительного использования на предприятиях.

Таким образом, критериями для оценки применимости того или иного способа восстановительной наплавки являются производительность процесса наплавки, качество наплавленного слоя, стоимость оборудования, сложность подготовки сварщиков, стоимость вспомогательных материалов, условия труда сварщиков.

«На основании анализа преимуществ и недостатков рассмотренных выше способов для построения проектной технологии восстановительной наплавки в рамках настоящей выпускной квалификационной работы предлагается применить наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения» [8]. Для устранения недостатков, присущих этому способу и описываемых выше, необходимо провести анализ источников научно-технической информации по вопросам повышения эффективности наплавки в защитных газах. С учётом предлагаемых современным производителем сварочного оборудования решений следует выбрать технологические решения и оборудование. При этом основной упор следует сделать на отечественные разработки.

2.2 Расширение технологических возможностей наплавки в защитных газах

В качестве защитной среды при наплавке могут применяться как углекислый газ, аргон, так и их смеси. Применение углекислого газа наиболее оправдано с экономической точки зрения, так как этот защитный газ более доступен, чем аргон. Однако применение углекислого газа при наплавке ограничивается недостаточными технологическими свойствами. В частности, при наплавке в углекислом газе увеличивается глубина проплавления, что отрицательно сказывается на качестве формирования наплавленного слоя. Кроме того, при наплавке в углекислом газе сложно обеспечить стабильный перенос электродного металла без разбрызгивания, что отрицательно сказывается на качестве наплавленного слоя и заставляет увеличивать припуск на механическую обработку. Также разбрызгивание увеличивает потери электродного металла при восстановительной наплавке.

Значительное количество исследований посвящено повышению технологических свойств наплавки в среде углекислого газа. Установлено, что характер переноса электродного металла в значительной степени влияет на формирование наплавленного слоя и технологические возможности наплавки. Для управления переносом электродного металла применяется импульсная подача проволоки и импульсное управление горением дуги. Результаты исследований реализованы в сварочном оборудовании в виде алгоритмов, SpeedPulse, STT, Fast Root, ColdArc, CMT, PulseShock [28], [33], [34], [35].

Для расширения технологических возможностей дуги, горящей в среде углекислого газа, предлагается применить разработку отечественных исследователей [1], внедрение которой в производство позволит получить эффект, аналогичный иностранным разработкам, что соответствует принятому вектору развития, направленному на импортозамещение [11].

На рисунке 11 представлена схема предлагаемого способа питания дуги. Питание дуги осуществляется посредством сварочного выпрямителя, который обозначен на схеме позицией 7. «В сварочную цепь последовательно включены силовой тиристор (обозначен на схеме позицией 1) и дроссель (обозначен на схеме позицией 2). Параллельно дросселю 2 подключается коммутирующий конденсатор (обозначен на схеме позицией 3), который подключается через вспомогательный тиристор (обозначен на схеме позицией 4). Параллельно источнику тока 7 подключается силовой конденсатор (обозначен на схеме позицией 8)». Также параллельно источнику питания подключается цепь, состоящая из диодов 5 и 9, зарядного дросселя 6. Последовательно со сварочной дугой включен дроссель (обозначен на схеме позицией 10). Для шунтирования сварочной дуги служит цепь с диодом 11. Между секциями сопротивлений 12 и 13 подключается дополнительный тиристор (обозначен на схеме позицией 14).

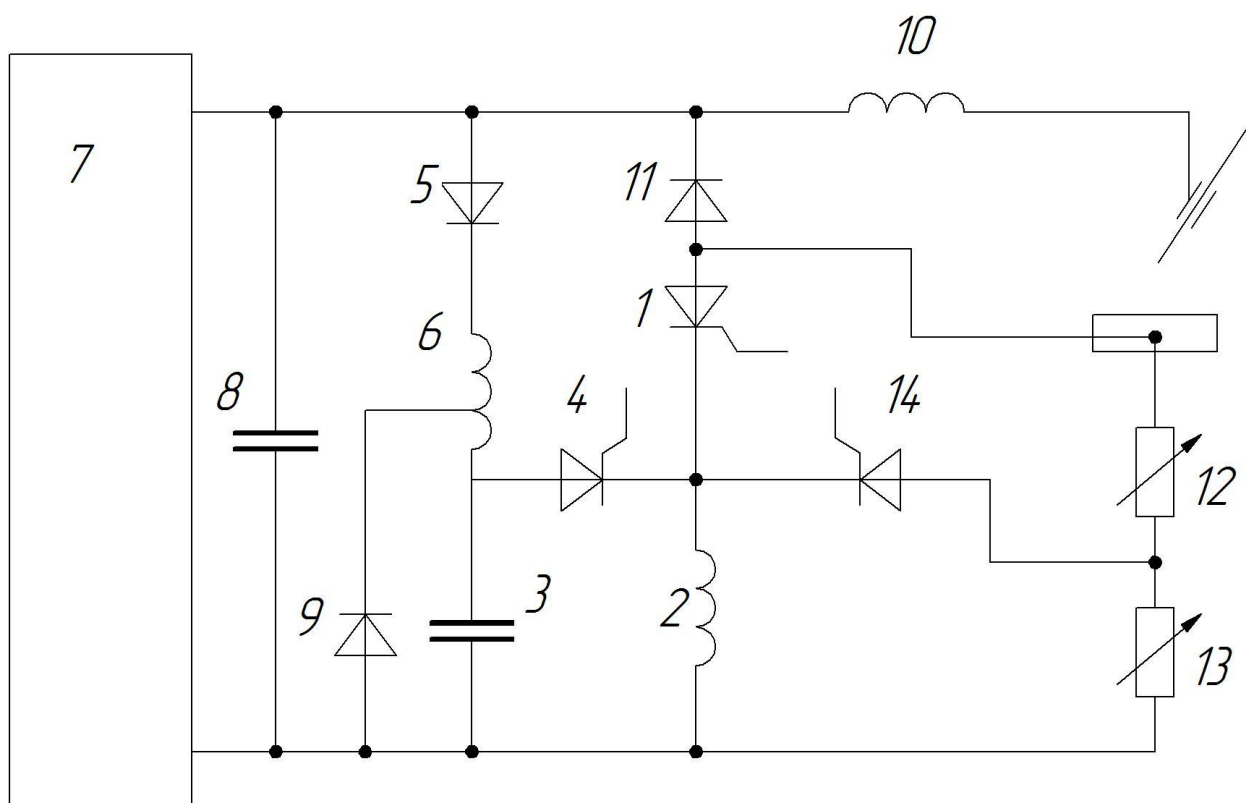


Рисунок 11 – Схема питания дуги согласно предлагаемому способу

Первоначально «тиристоры 1, 4 и 14 находятся в непроводящем состоянии. При нормальном горении дуги тиристор 1 переходит в проводящее состояние. При коротком замыкании дугового промежутка происходит переход дополнительного тиристора 14 в проводящее состояние, при этом последовательно со сварочной дугой включается цепь, содержащая переменное сопротивление 12. Амплитуда тока короткого замыкания ограничивается величиной переменного сопротивления 12. При коротком замыкании силовой тиристор 1 переходит в непроводящее состояние» [1]. При разрыве жидкой перемычки происходит отключение тиристора 14, в результате чего последовательно со сварочной дугой включается цепь с сопротивлениями 12 и 13. При этом энергия, которая была запасена в дросселе 10, гасится этими сопротивлениями. Далее снова включается силовой тиристор 1. Таким образом, при коротком замыкании снижается разбрызгивание, повышается стабильность перехода электродного металла в сварочную ванну и повышается стабильность качества наплавленного слоя.

Применение импульсно-дугового процесса при наплавке позволяет уменьшить среднее значение тока. В результате существенно снижается тепловое воздействие на основной металл и повышается пространственная стабильность дуги при различных пространственных положениях. Кроме того, стабилизация переноса электродного металла позволяет устранить разбрызгивание и повысить качество наплавленного слоя.

Наблюдается улучшение условия труда сварщика, появляется возможность уменьшить припуск на механическую обработку. Так как снижение погонной энергии при горении дуги в рассматриваемом способе сопровождается улучшением теплового баланса, при котором снижение энергопотребления происходит за счёт уменьшения нагрева основного металла, то производительность наплавки не только не снижается, но и повышается на 30...40 % [10].

2.3 Описание операций технологического процесса восстановительной наплавки

Проектный технологический процесс предусматривает выполнение следующих операций: очистка детали, дефектовка, предварительный подогрев, восстановительная наплавка, охлаждение, контроль качества, механическая обработка, термическая обработка. Большинство операций по сравнению с базовым технологическим процессом не изменяется.

С применением моечной машины АМ700 ЛК и моечного состава МЛ-51 или МЛ-52 проводят очистку поверхности детали от загрязнений. Температура моющей среды составляет 75...80 °С, используется концентрация раствора 10...30 грамм на один литр воды. Длительность промывки в щелочном растворе составляет 30...40 минут.

После промывочной операции следует дефектовочная операция, для которой применяется лупа, штангенциркуль, индикаторный нутромер. На основании дефектовки проводят разделение деталей на годные (не требующие восстановления), условно годные (требующие восстановления) и негодные (восстановлению не подлежат).

Следующей операцией является предварительный подогрев, который ведут с применением ацетиленового пламени. Предварительный подогрев ведут до температуры 250...300 °С.

После предварительного подогрева проводят наплавку поверхностей вилки карданного вала. Для питания дуги с использованием предлагаемого способа импульсного управления предлагается применить сварочный выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 11.

Для импульсного питания дуги предлагается использовать устройство формирования сварочных импульсов, которое описано выше. Подачу наплавочной проволоки предлагается вести с использованием механизма подачи КП-007, представленного на рисунке 12.



Рисунок 11 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506



Рисунок 12 – Полуавтомат КП-007

Наплавку ведем на постоянном токе обратной полярности проволокой сплошного сечения Нп-30ХГСА, диаметр которой составляет 0,8 мм. В качестве защитного газа применяется чистый углекислый газ. Сила тока при наплавке составляет 65...75 А, напряжение на дуге составляет 17...20 В, расход газа составляет 8...10 литров в минуту.

После наплавки проводят фрезерование поверхностей вилки с применением фрезерного станка 6К82Ш, который представлен на рисунке 13. Далее проводят закалку вилки токами высокой частоты. Для этого используется установка индукционного нагрева ИМ 50-80-50.



Рисунок 13 – Фрезерный станок 6К82Ш

Согласно работе [15] при проведении наплавочных работ сталей, склонных к образованию трещин, следует особое внимание уделить качеству подготовки поверхности детали и проволоки. Неметаллические включения могут стать причиной зарождения трещин.

Выводы по второму разделу

В исполнительском разделе представленной на защиту выпускной квалификационной работе построен проектный технологический процесс восстановительной наплавки деталей машин на примере типовой детали – вилки карданного вала. Проведенный критический анализ решений по данному вопросу позволил для построения проектной технологии обосновать применение наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа источников научно-технической информации по вопросу расширения технологических возможностей наплавки в защитных газах предложен способ импульсного управления дугой. Предлагаемый способ позволяет повысить качество и производительность наплавки.

Дальнейшие работы по выполнению настоящей выпускной работы будут направлены на выполнение экологической и экономической экспертизы предлагаемых технических решений.

3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы

3.1 Описание рассматриваемого технического объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин с применением дуговых процессов. На основании экспертной оценки альтернативных способов наплавки принято решение при построении проектной технологии применить наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Для расширения технологических возможностей способа предложено применить разработки отечественных исследователей в области дуговых процессов по импульсному управлению дугой.

При выполнении операций проектного технологического процесса возможно возникновение негативных производственных факторов, становящихся причиной возникновения рисков для персонала и окружающей среды. В ходе выполнения настоящего раздела предлагается провести идентификацию опасных и вредных производственных и экологических факторов, на основании которой предложить технические средства и организационные мероприятия, позволяющие устранить их или снизить до приемлемого уровня.

В таблице 2 представлены особенности проектной технологии ремонтной наплавки, которая разбита на конкретные операции. «Первой операцией является проведение подготовительных работ, для выполнения которой предлагается задействовать зачистное оборудование (угловая шлифовальная машина). Второй операцией является предварительный подогрев, для выполнения которой применяется газовое оборудование» [8]. Третьей операцией является восстановительная наплавка, для выполнения которой предлагается задействовать пост для наплавки, который включает в себя источник питания, формирователь импульсов тока, газовое

оборудование, полуавтомат. Четвертой операцией является охлаждение, которое происходит с использованием ящика с песком. Пятой операцией является контроль качества, который происходит с использованием дефектоскопа, комплекта для визуального и измерительного контроля.

Таблица 2 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Операция	Работник	Оборудование	Материалы
Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	угловая шлифовальная машина, металлическая щетка	ацетон, моющий раствор, техническая вода
Предварительный нагрев	Электросварщик	газовое оборудование	ацетилен, кислород
Восстановительная наплавка	Электросварщик	источник питания, газовое оборудование, наплавочная головка	наплавочная проволока, защитный газ, техническая вода
Замедленное охлаждение	Электросварщик	ящик для песка, контактная теромпара	песок
Контроль качества	Дефектоскопист	набор для визуального и измерительного контроля, дефектоскоп, твердомер	масло

На основании исходных данных, представленных в таблице 2, может быть выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии восстановительной наплавки. По результатам этой идентификации предлагается предложить технические средства и организационные мероприятия, позволяющие устранить или снизить до приемлемого уровня действие негативных производственных факторов. Также предстоит предложить мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта – участок для проведения восстановительной наплавки деталей машин.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

Современное производственное оборудование является источником повышенной опасности по отношению к персоналу, который находится в условиях постоянного действия опасных и вредных производственных факторов. В таблице 3 представлены результаты идентификации негативных производственных факторов, сопровождающих предлагаемую в настоящей выпускной квалификационной работе восстановительную наплавку деталей машин типа вилки карданного вала.

На первой операции проектного технологического процесса происходит подготовка детали к восстановлению. При её выполнении отмечено наличие четырёх негативных факторов: острые кромки и заусенцы на деталях, движущиеся части механизмов и машин, загрязнение воздуха и возможность поражения электрическим током.

На второй операции проектного технологического процесса проходит предварительный подогрев деталей перед проведением восстановительной наплавки. При её выполнении отмечено наличие четырёх негативных производственных факторов: опасность поражения электрическим током, опасность получения термических травм от нагретых деталей, острые кромки и заусенцы на деталях, движущиеся части механизмов и машин.

На третьей операции проектного технологического процесса происходит восстановительная наплавка. При её выполнении отмечено четыре негативных факторов: опасность получения термических травм, инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, поражение электрическим током, загрязнение воздуха рабочей зоны.

На четвертой операции проектного технологического процесса происходит замедленное охлаждение детали после наплавки. При её выполнении отмечено два негативных фактора: острые кромки на деталях и опасность получить термические травмы.

Таблица 3 – Идентификация негативных производственных факторов

Операция	Возникающий в ходе выполнения операции негативный фактор	Источник возникновения негативного фактора
Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - машина угловая шлифовальная, - станок фрезерный, - щетка металлическая
Предварительный нагрев	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	<ul style="list-style-type: none"> - газовая горелка
Восстановительная наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания сварочной дуги, - установка для наплавки
Замедленное охлаждение	<ul style="list-style-type: none"> - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	<ul style="list-style-type: none"> - ящик для песка, - песок
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> - дефектоскоп, - штангенциркуль, - твердомер

На пятой операции проектного технологического процесса отмечено два негативных фактора: вредное ультразвуковое излучение, которое возникает при проведении неразрушающего контроля качества выполненной восстановительной наплавки детали и загрязнение воздуха рабочей зоны.

3.3 Снижение профессиональных рисков

На основании идентификации негативные производственных факторов проектного технологического процесса выявлено восемь факторов, которые могут послужить причиной возникновения опасностей и вреда для здоровья персонала предприятия. В таблице 4 представлены стандартные технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит снизить профессиональные риски до приемлемого уровня.

Таблица 4 – Средства и методики снижения профессиональных рисков

«Негативный производственный фактор	Оборудование и мероприятия	Средства индивидуальной защиты» [6]
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	инструктаж персонала перед допуском к работе; предупреждающая окраска, таблички; ограждение; информационные плакаты	специальная одежда, перчатки, защитные очки
«движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования» [6]	защитное отключение оборудования, ограждение, концевые выключатели на оборудовании, информационные плакаты, инструктаж персонала	специальная одежда, перчатки, защитные очки
повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	«устройства местного удаления загрязненного воздуха, общеобменная вентиляция» [6]	респиратор
повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	«организация и периодический контроль защитного заземления, контроль изоляции, установка устройств защитного отключения, инструктаж персонала, информационные плакаты» [6]	специальная одежда, резиновые коврики
повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	инструктаж персонала, таблички, ограждение, информационные плакаты	специальная одежда, перчатки
инфракрасное излучение в рабочей зоне	защитные экраны, ограждение	специальная одежда, перчатки, защитная маска
ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне	защитные экраны, ограждение	специальная одежда, перчатки, защитная маска
ультразвуковое излучение в рабочей зоне	защитные экраны, ограждение, ограничение времени работы	специальная одежда

Представленные в таблице 4 технические средства и организационные мероприятия позволяют эффективно снижать действие на персонал негативных производственных факторов. Как видно из таблицы, предлагаемые средства и методики представляют стандартный набор средств, применение которых не требует проведения специальных изыскательных и проектировочных работ.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Сварка и наплавка являются операциями, выполнение которых сопряжено с повышенным риском возникновения пожаров. Это объясняется тем, что в процессе сварки и наплавки проходит работа с открытыми источниками высоких температур, которыми являются дуга и пламя газовой горелки. Также пожар может возникнуть в результате короткого замыкания в электрических сетях и в результате теплового излучения сварочной дуги. Для того, чтобы устранить опасность возникновения пожара и уменьшить его негативные последствия, следует провести идентификацию опасных факторов при возникновении пожара на рассматриваемом технологическом объекте, результаты которой представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Класс и опасные факторы пожара на рассматриваемом техническом объекте

Назначение технологического участка	Проведение восстановительной наплавки деталей машин
Наименование оборудования	Источник питания, формирователь импульсов тока, газовое, термическое и зачистное оборудование
«Классификация по виду горящего вещества»	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [6]
Основные опасных факторы пожара	Повышенная температура; токсичные продукты и угарный газ; снижающие видимость аэрозоли; снижение концентрации кислорода в воздухе
Вторичные опасные факторы пожара	Поражение электрическим током; продукты разложения составов, используемых для тушения пожара

В соответствии с принятой классификацией возможный пожар на рассматриваемом технологическом участке может быть отнесён к классу «Е», который предполагает горение материалов в условиях действия высокого напряжения. Такой пожар характеризуется первичными и вторичными негативными факторами. Первичными факторами являются резкое повышение температуры до высоких значений, снижение концентрации кислорода в воздухе, выделение токсичных веществ при горении и термическом разложении материалов, задымление пространства и ухудшение видимости. Вторичными факторами пожара являются опасность поражения электрическим током, опасность отравления продуктами разложения составов, которые были использованы при тушении пожара.

Технические средства, направленные на устранение негативных факторов пожаров, представлены в таблице 6. Организационные мероприятия, направленные на устранение негативных факторов пожаров, представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Технические средства и организационные мероприятия по устранению негативных факторов пожара

«Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [6]

Таблица 7 – Организационные мероприятия по устранению негативных факторов пожара

Наименование производственного участка	Участок ремонтной наплавки деталей машин
Организационные мероприятия	Проведение инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, проведение деловых и ролевых игр с сотрудниками предприятия по тематике противопожарных работ, соблюдение производственной дисциплины, запрет курения в неположенных местах, организация общественного контроля за противопожарной обстановкой
Требования к производственному участку	Наличие информационных, мотивирующих и предупреждающих плакатов, установка экранов от пролёта брызг и искр, наличие на участке первичных средств пожаротушения

Предполагается проведение инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, проведение деловых игр по тематике противопожарных работ, соблюдение производственной дисциплины, запрет курения в неположенных местах, организация общественного контроля. Необходимо предусмотреть наличие речевых, световых и звуковых оповещателей, которые обеспечат своевременное информирование персонала в случае возникновения внештатных ситуаций.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

В настоящее время в мировую повестку включены вопросы обеспечения экологической безопасности промышленных предприятий, следование этой повестке заставляет предъявлять все более жёсткие требования по снижению отрицательного антропогенного воздействия. При реализации проектной технологии наблюдается отрицательное влияние на такие элементы ареала обитания, как атмосфера, гидросфера и литосфера, особенности такого отрицательного воздействия представлены в таблице 8. Предлагается ряд организационных мероприятий и технические средства, применение которых позволяет снизить отрицательное воздействие

производственного участка на окружающую среду. Предлагаемые решения представлены в таблице 9.

Таблица 8 – Негативные антропогенные факторы на окружающую среду при реализации проектной технологии восстановительной наплавки

Наименование анализируемого технологического процесса	Ремонтная наплавка деталей машин
Наименование операций технологического процесса, в ходе которых возникает негативное антропогенное воздействие	«Подготовка дефектного места, предварительный подогрев, восстановительная наплавка, замедленное охлаждение, контроль качества» [8]
Факторы негативного воздействия на атмосферу	Сварочные аэрозоли, частицы сажи
Факторы негативного воздействия на гидросферу	Пролитое машинное масло, попадающее в грунтовые воды
Факторы негативного воздействия на литосферу	Пролитое на землю машинное масло, загрязнение площадей упаковочным материалом, бытовым и производственным мусором

Таблица 9 – Организационные мероприятия и технические средства для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду

«Наименование технического объекта	Участок ремонтной наплавки деталей машин
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [2]	«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.» [6]

На основании представленных в настоящем разделе материалов следует сделать вывод о возможности эффективного снижения действия негативных производственных и экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии. Исходя из этого решения могут быть рекомендованы для внедрения в реальное производство.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходная информация для выполнения экономического обоснования

В выпускной квалификационной работе рассматривался вопрос повышения эффективности восстановительной наплавки деталей машин. Совершенствование технологии наплавки выполнялось применительно к вилке карданного вала автомобиля. В исполнительском разделе работы выполнено обоснование выбора способа восстановительной наплавки и составлена технология наплавки детали. По сравнению с базовым вариантом технологии выполнены изменения, которые должны повысить экономическую эффективность предприятия, которая должна быть доказана в настоящем разделе выпускной квалификационной работы. В качестве недостатков базовой технологии следует указать несколько важных моментов. Во-первых, при ручной дуговой наплавке не удаётся получить высокую стабильность механических свойств и химического состава наплавленного металла, происходит частичное перемешивание наплавленного металла с основным металлом. Во-вторых, высокая погонная энергия при наплавке по базовому варианту может стать причиной нарушения геометрии детали и её бракование. Ручная дуговая наплавка характеризуется тяжелыми условиями труда сварщика. Также следует отметить низкую производительность процесса и низкое качество наплавки, которое также существенно зависит от квалификации и кондиции сварщика.

На основании анализа результатов научно-исследовательских работ проведённых отечественными исследователями-сварщиками, предложен способ наплавки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с импульсным управлением дугой. В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по обоснованию внедрения предлагаемых решений в производство.

Таблица 10 – Исходные данные для экономического обоснования

«Экономический показатель	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя	
			Базовая технология	Проектная технология
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
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	$K_{вн}$	-	1,03	1,03
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	30 тыс.	200 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	20	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	50	50
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(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» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Экономическое обоснование предлагаемых решений предусматривает выполнение расчётов основных экономических показателей проектной и базовой технологий с учётом технологической, цеховой и заводской себестоимости.

4.2 Расчёт фонда времени

Выполнение операций технологического процесса, как в проектном, так и в базовом варианте, предусматривает работу оборудования, которая происходит в течение заданного промежутка времени. Дальнейшие экономические расчёты по определению себестоимости производства и других экономических показателей предприятия основаны на величине годовой программы и количества единиц оборудования, которые, в свою очередь, вычисляются в зависимости от общего фонда времени работы оборудования. Объём общего фонда времени работы оборудования зависит от количества рабочих дней в календарном году, которое принимается $D_p=277$. Еще одной компонентой для расчётов является продолжительность рабочей смены, которая принимается $T_{см}=8$ часов. Количество рабочих смен на предприятии принимается равным $K_{см}=1$. В предпраздничные дни происходит уменьшение продолжительности рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час. Количество предпраздничных дней принимается равным $D_{п}=7$ дней. С использованием исходных параметров производит расчёт годового фонда времени работу оборудования по формуле:

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

После подстановки в формулу (1) исходных значений годовой фонд времени работы оборудования будет равен: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Для определения эффективного фонда времени работы оборудования следует необходимо учесть возможные потери в размере $B=7\%$ по формуле:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

После подстановки в формулу (2) исходных значений эффективный фонд времени работы оборудования составляет : $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов. Эта величина будет в дальнейшем использована для проведения дальнейших экономических расчётов.

4.3 Штучное время по базовому и проектному вариантам технологии

Расчёт годовой программы и себестоимости производства требует определения штучного времени, которое требуется на выполнение технологических операций согласно базового и проектного вариантов технологии. «В состав штучного времени $t_{шт}$ входят пять слагаемых. Первым слагаемым является машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса. Вторым слагаемым является вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение вспомогательных и подготовительных операций» [13]. Третьим слагаемым является время отдыха $t_{отд}$. Четвертым слагаемым является подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$. Пятым слагаемым является время обслуживания $t_{обсл}$, которое расходуется на проведение мелкого ремонта и обслуживание технологического оборудования. Таким образом, штучное время вычисляется как:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

После подстановки в формулу (3) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии, взятых и аналитического и исполнительского разделов выпускной работы, получены следующие значения штучного времени: $t_{шт.баз} = 0,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,97$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,61$ часа. Объём годовой программы P_r зависит от объёма эффективного годового фонда времени работы оборудования F_3 и штучного времени $t_{шт}$ по базовому и проектному вариантам технологии:

$$P_r = F_3 / t_{шт} . \quad (4)$$

После подстановки в (4) исходных значений для рассматриваемых вариантов $P_{r.баз.} = 2054/0,97 = 2117$ и $P_{r.пр.} = 2054/0,61 = 3367$. С учётом потребности отрасли принимаем $P_r=1000$ для обоих вариантов технологии.

Расчёт количества технологического оборудования, применяемого для выполнения операций проектного и базового вариантов технологии, выполняется с учётом годовой программы, штучного времени $t_{шт}$, эффективного фонда времени $F_э$ и коэффициента выполнения нормы, значение которого принимается равным $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_Г / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки в формулу (5) исходных значений, получаем для базового вариантов технологии количество применяемого оборудования $n_{расч} = 0,97 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,43$ и для проектного варианта количество применяемого оборудования $n_{расч} = 0,61 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,27$.

При выполнении операций технологического процесса для дальнейших расчётов примем ближайшее большее целое значение $n=1$ для базового варианта технологии и $n=1$ для проектного варианта технологии.

Далее проведем расчёт коэффициента загрузки технологического оборудования $K_з$ для обоих вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

При подстановке в формулу (6) исходных значений для базового варианта технологии получено $K_з = 0,43/1 = 0,43$; для проектного варианта технологии получено $K_з = 0,27/1 = 0,27$.

Таким образом, для последующего экономического расчёта по обоснованию предлагаемых технических и организационных решений получены исходные значения эффективного годового фонда времени работы оборудования, штучного времени, количества оборудования, годовой программы и коэффициента загрузки оборудования.

Расчёт изменяющихся экономических показателей выполним по технологической, цеховой и заводской себестоимости проведения работ с учётом капитальных затрат на проведение технологического процесса по базовому варианту и проектному варианту.

4.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимости по вариантам технологии

Проведение работ по сварке и наплавке требует расходования материалов. При выполнении технологического процесса по базовому варианту в качестве расходуемых материалов выступают штучные электроды. При выполнении технологического процесса по проектному варианту в качестве расходуемых материалов выступает защитный газ и наплавочная проволока. «Расчёт затрат на материалы M выполняется по рыночной цене материалов C_m , с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$ и нормы расходов материалов» [13]:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

На основании данных аналитического и исполнительского разделов настоящей выпускной квалификационной работы с использованием формулы (7) получены значения расхода на материалы по базовому варианту технологии $M=120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252$ рублей; расход на материалы по проектному варианту технологии $M= 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 141,75=198,45$ рублей.

«Для вычисления объема фонда заработной платы потребуется величина штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки C_q » [13]. Для рассматриваемого варианта технологического процесса величина коэффициента доплат принимается равной $K_d = 1,88$. Для расчёта основной заработной платы применим формулу:

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

После подстановки в (8) исходных значений расчётная величина фонда основной заработной платы составляет для базового варианта технологического процесса $Z_{осн} = 0,97 \cdot 200 \cdot 1,88 = 364,72$ рублей и для

проектного варианта технологического процесса $Z_{\text{осн}} = 0,61 \cdot 200 \cdot 1,88 = 229,36$ рублей.

«Объема фонда дополнительной заработной платы определяется исходя из объемов основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента доплат, величин которого принимается равной $K_{\text{доп}} = 12\%$. Таким образом, расчёт дополнительной заработной платы проводится по формуле» [13]:

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

«При подстановке данных в формулу (9) дополнительная заработная плата по базовому варианту технологии составляет $Z_{\text{доп}} = 364,72 \cdot 12 / 100 = 43,77$ рублей и по проектному варианту технологии $Z_{\text{доп}} = 229,36 \cdot 12 / 100 = 27,52$ рублей.

Фонд заработной платы ФЗП представляет сумму дополнительной $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. Для базового варианта технологии фонд заработной платы рассчитывается как $\text{ФЗП} = 364,72 + 43,77 = 408,49$ рублей. Для проектного варианта технологии фонд заработной платы рассчитывается как $\text{ФЗП} = 229,36 + 27,52 = 256,88$ рублей.

Далее необходимо провести расчёт отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$, задавшись значением коэффициента отчислений $K_{\text{сн}} = 34\%$. Величина отчислений на социальные составляет по формуле» [13]:

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

После подстановки данных в (10) для базового варианта технологического процесса отчисления на социальные нужды составили значение $O_{\text{сн}} = 408,49 \cdot 34 / 100 = 138,89$ рублей. Отчисления на социальные нужды для проектного варианта составили $O_{\text{сн}} = 256,88 \cdot 34 / 100 = 87,36$ рублей.

Затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ по базовому и проектному вариантам технологического процесса определяются как сумма амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_э$ по формуле:

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

«Расчёт величины амортизационных отчислений $A_{об}$ выполняется с учётом цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации H_a , значение которой принимается $H_a = 21,5 \%$, машинного времени $t_{маш}$, эффективного фонда времени» [13]:

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

После подстановки в формулу (12) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии расчётная величина $A_{об}$ составила для базовой технологии $A_{об} = 30000 \cdot 21,5 \cdot 0,97 / 2054 / 100 = 3,04$ рубля и для проектной технологии $A_{об} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 0,61 / 2054 / 100 = 12,77$ рубля.

«Затраты на электрическую энергию, расходуемую на выполнение операций проектного и базового технологического процесса, определяются исходя из машинного времени $t_{маш}$, мощности оборудования $M_{уст}$, стоимости электрической энергии $C_{ээ}$ и коэффициента полезного действия КПД» [13]:

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

«После подстановки значений в формулу (13) расходы на электрическую энергию по базовому варианту составляют $P_{ээ} = 20 \cdot 0,97 \cdot 3,4 / 0,7 = 83,7$ рублей. Расходы на электрическую энергию по проектному варианту составляют $P_{ээ} = 30 \cdot 0,61 \cdot 3,4 / 0,85 = 69,08$ рублей.

После подстановки значений в формулу (11) величина затрат на оборудование по базовому варианту составила $Z_{об} = 3,04 + 83,70 = 86,74$ рублей. Затраты по проектному варианту $Z_{об} = 12,77 + 69,08 = 81,85$ рублей.

Технологическая себестоимость $C_{тех}$ рассчитывается по величине затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, затрат на площади $Z_{пл}$, отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$. Величина $C_{тех}$ определяется по формуле» [13]:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об} + Z_{пл}. \quad (14)$$

«При подстановке в формулу (14) значений размер технологической себестоимости для базового варианта с учётом полученных данных составил $C_{\text{тех}} = 252 + 408,49 + 122,55 + 86,74 + 40,80 = 910,58$ рублей, для проектного варианта $C_{\text{тех}} = 198,45 + 256,88 + 77,06 + 69,08 + 25,65 = 627,12$ рублей.

Для вычисления значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. Расчёт ведётся по формуле» [13]:

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

При подстановке значений в формулу (15) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{цех}} = 910,58 + 1,5 \cdot 364,72 = 910,58 + 547,08 = 1457,66$ рублей. Для проектного варианта технологии величина цеховой себестоимости составила $C_{\text{цех}} = 627,12 + 1,5 \cdot 229,36 = 627,12 + 344,04 = 971,16$ рублей.

Для вычисления заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо значение цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. Расчёт ведётся по формуле:

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

При подстановке значений в формулу (16) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{зав}} = 1457,66 + 1,15 \cdot 364,72 = 1457,66 + 419,43 = 1877,09$ рублей. Для проектного варианта технологии $C_{\text{зав}} = 971,16 + 1,15 \cdot 229,36 = 971,16 + 263,76 = 1234,92$ рублей.

Экономические расчёты показали, что заводская себестоимость по проектной технологии с применением предлагаемых технических решений, значительно меньше заводской себестоимости по базовой технологии. Далее необходимо выполнить расчёт капитальных затрат по проектному и базовому вариантам технологии.

4.5 Расчёт капитальных затрат по проектной и базовой технологии

Первоначально проведем расчёт «капитальных затрат по базовому варианту технологического процесса. Остаточная стоимость оборудования $\Pi_{об.б.}$ может быть рассчитана по рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{перв.}$, нормы амортизационных отчислений N_a и срока эксплуатации оборудования $T_{сл}$ по формуле» [13]:

$$\Pi_{об.б.} = \Pi_{перв.} - (\Pi_{перв.} \cdot T_{сл} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

После подстановки в формулу (17) известных значений может быть рассчитана остаточной стоимости оборудования, которое было задействовано для реализации операций базового технологического процесса $\Pi_{об.б.} = 30000 - (30000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 10650$ рублей.

Размер «капитальных затрат по базовому варианту технологии рассчитывается с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$ и коэффициента загрузки оборудования K_3 по базовому варианту технологии» [13]:

$$K_{общ. б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} \quad (18)$$

После подстановки в формулу (18) известных значений величина капитальных затрат по базовому варианту $K_{общ. б.} = 1 \cdot 10650 \cdot 0,43 = 4541$ рублей.

Для расчёта «капитальных затрат по проектному варианту технологии $K_{общ. пр.}$ необходимо задаться капитальными затратами на оборудование $K_{об. пр.}$, капитальными затратами на площади $K_{пл. пр.}$ и сопутствующими расходами $P_{соп.}$. Таким образом, расчёт капитальных затрат происходит по формуле» [13]:

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

Капитальные затраты на оборудование будут рассчитаны с учётом цены оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса $\Pi_{об. пр.}$, коэффициента загрузки оборудования K_3 и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}=1,05$:

$$K_{об. пр.} = \Pi_{об. пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

После подстановки в формулу (20) значений расчётная величина капитальных затрат на оборудование по проектному варианту составила $K_{об. пр.} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 56700$ рублей.

Сопутствующие затраты $K_{соп}$ «при внедрении проектной технологии в производство определяются как сумма затрат на демонтаж старого оборудования $P_{дем}$ и затрат на монтаж нового оборудования $P_{монт}$. Затраты на демонтаж старого оборудования» [13] определяются по его остаточной стоимости $\Pi_{об. б.}$ через коэффициент расходов на демонтаж $K_{дем} = 0,05$:

$$P_{дем} = \Pi_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

После подстановки в формулу (21) значений величина расходов на демонтаж составила $P_{дем} = 1 \cdot 30000 \cdot 0,05 = 1500$ рублей.

Величина расходов на монтаж нового оборудования определяется по его рыночной стоимости $\Pi_{об. пр.}$ и коэффициента расходов на монтаж $K_{монт} = 0,05$:

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

После подстановки в формулу (22) значений величина расходов на монтаж составила $P_{монт} = 200000 \cdot 0,05 = 10000$ рублей.

Размер сопутствующих расходов определяется как сумма расходов на демонтаж $P_{дем}$ и расходов на монтаж $P_{монт}$ по формуле:

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт.} \quad (23)$$

После подстановки значений в формулу (23) размер сопутствующих расходов составил $P_{соп} = 1500 + 10000 = 11500$ рублей.

Общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$, рассчитываемые по формуле (19), составили $K_{\text{общ. пр.}} = 56700 + 11500 = 68200$ рублей.

«Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ выполняется как разность капитальных затрат по проектному $K_{\text{общ.пр}}$ и базовому $K_{\text{общ.б}}$ вариантам технологии» [13]:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} \quad (24)$$

При подстановке в формулу (24) известных значений дополнительные капитальные вложения составили $K_{\text{доп}} = 68200 - 4541 = 63659$ рублей.

Удельные капитальные вложения вычисляем с учётом годовой программы Π_{Γ} по формуле:

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

При подстановке в формулу (25) известных значений размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по базовому варианту составил $K_{\text{уд}} = 4541/1000 = 4,5$ рублей. Размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по проектному варианту составил $K_{\text{уд}} = 68200/1000 = 68,2$ рублей.

Таким образом, были рассчитаны все необходимые исходные данные для определения основных показателей эффективности проектной технологии.

4.6 Показатели эффективности предлагаемых решений

«Основными показателями, определяющими эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решения, являются снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$, повышение производительности труда Π_{Γ} , снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, условная годовая экономия $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, срок окупаемости капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ и годовой экономический эффект \mathcal{E}_{Γ} » [13].

Величину снижения трудоемкости $\Delta t_{шт}$ определим по штучному времени проектной $t_{шт пр}$ и базовой $t_{шт.б}$ технологии по формуле:

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

При подстановке значений в формулу (26) рассчитываем величину снижения трудоемкости $\Delta t_{шт} = (0,97 - 0,61) \cdot 100 \% / 0,97 = 37 \%$.

«Повышение производительности труда P_T рассчитывается исходя из ранее определённого значения снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ по формуле» [13]:

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

«При подстановке значений в формулу (27) рассчитываемая величина повышения производительности труда составляет $P_T = 100 \cdot 37 / (100 - 37) = 59 \%$.

Размер снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается по ранее определённым значениям технологической себестоимости в проектном $C_{тех.пр.}$ и базовом $C_{тех.б.}$ вариантах технологии по формуле» [13]:

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

При подстановке значений в формулу (28) снижение технологической себестоимости составляет $\Delta C_{тех} = (910,58 - 627,12) \cdot 100\% / 910,58 = 31 \%$.

Величина условно-годовой экономии рассчитывается исходя из заводской себестоимости по проектному $C_{зав.пр}$ и базовому $C_{зав.б}$ вариантам технологии по формуле:

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б} - C_{зав.пр}) \cdot P_T . \quad (29)$$

При подстановке в формулу (29) ранее определённых значений величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{уг} = (1877,09 - 1234,92) \cdot 1000 = 642170$ рублей.

Расчёт срока окупаемости предлагаемый в настоящей выпускной квалификационной работе решений выполняется по формуле:

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

При подстановке в формулу (30) значений расчётная величина срока окупаемости составляет $T_{\text{ок}} = 63659 / 6422170 = 0,1$ года.

«Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r рассчитывается с учётом условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и коэффициента окупаемости E_n по формуле» [13]:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}}. \quad (31)$$

При подстановке в формулу (31) известных значений величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_r = 642170 - 0,33 \cdot 63659 = 621162$ рублей.

Выводы по экономическому разделу

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен расчёт основных экономических показателей производства при осуществлении базового варианта технологического процесса и проектного варианта технологического процесса.

Установлено, что внедрение в производство предлагаемых решений позволяет снизить трудоемкость на величину $\Delta t_{\text{шт}} = 37\%$ и повысить производительность труда на $P_r = 59\%$. Внедрение прогрессивных технологий позволяет более эффективно расходовать трудовые, материальные и энергетические ресурсы предприятия, что позволяет снизить технологическую себестоимость на величину $\Delta C_{\text{тех}} = 31\%$. При этом условно-годовая экономия составляет $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 0,642$ млн. рублей. С учётом капитальных вложений окупаемость предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений составляет $T_{\text{ок}} = 0,1$ года. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет $\mathcal{E}_r = 0,621$ млн. рублей. На основании проведенных экономических расчётов следует сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых решений. Таким образом, разработанная технология рекомендуется к внедрению на современном промышленном производстве.

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассматривался вопрос повышения эффективности восстановительной наплавки деталей машин. Совершенствование технологии наплавки выполнялось применительно к вилке карданного вала автомобиля.

Для базового варианта технологии, которая выполняется с применением ручной дуговой наплавки, сформулированы недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели.

Первым недостатком является отсутствие возможности получить высокую стабильность механических свойств и химического состава наплавленного металла, по причине частичного перемешивания наплавленного металла с основным металлом. Вторым недостатком является высокая погонная энергия при наплавке по базовому варианту, которая может стать причиной нарушения геометрии детали. Третьим недостатком являются тяжелые условия труда сварщика. Также следует отметить низкую производительность процесса и низкое качество наплавки, которое также существенно зависит от квалификации и кондиции сварщика.

В ходе выполнения исполнительского раздела настоящей выпускной квалификационной работы проведено построение проектного технологического процесса ремонтной наплавки вилки карданного вала.

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов восстановительной наплавки принято решение при построении проектной технологии применить наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа источников научно-технической информации по вопросу расширения технологических возможностей наплавки в защитных газах предложен способ импульсного управления дугой. Предлагаемый способ позволяет повысить качество и производительность наплавки.

Применительно к проектному технологическому процессу выполнена идентификация негативных производственных факторов. Предложены технические средства и мероприятия, позволяющие нейтрализовать опасные и вредные производственные факторы. Также в работе рассмотрен вопрос обеспечения безопасности персонала при возникновении пожара.

Проведена оценка предлагаемых технических решений на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов. Удалось снизить отрицательное воздействие технологического процесса на окружающую среду до приемлемого уровня, что позволяет рекомендовать рассматриваемые решения для внедрения в реальное производство.

Установлено, что внедрение в производство предлагаемых решений позволяет снизить трудоемкость на 37 % и повысить производительность труда на 59 %. Внедрение прогрессивных технологий позволяет более эффективно расходовать трудовые, материальные и энергетические ресурсы предприятия, что позволяет снизить технологическую себестоимость на величину 31 %. При этом условно-годовая экономия составляет 1,256 млн. рублей. С учётом капитальных вложений окупаемость предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений составляет 0,1 года. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,621 млн. рублей.

На основании проведенных экономических расчётов следует сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых решений.

Поставленная цель может считаться достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы предлагаются к внедрению на предприятиях, выполняющих работы по восстановлению деталей машин с применением дуговых способов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А.с. 579112 СССР, МКИ В23К9/10. Устройство для сварки / Князьков А. Ф., Сараев Ю. Н., Ушаков С. В. Заявл. 24.03.76; опубл. 05.11.44, Бюл. 41. 2 с.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Боряк К.Ф., Зорич Э. А., Калашник В. А. Методика вибрационных испытаний на прочность и определения технического состояния карданных валов на стенде «ВИК-4000» // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2010. № 2. С. 55–60.
4. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
5. Гладкий П. В., Переплётчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменная наплавка. К. : Екотехнологія, 2007. 202 с.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015 г. 664 с.
8. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электр. учеб. пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. 335 с.
9. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Корнеева Е.Н. Логистика технического сервиса. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 141 с.
10. Крампит А.Г., Дмитриева А.В. Влияние параметров импульса на формирование сварного шва // Технология металлов. 2014. №1. С. 43-46
11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

12. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
13. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
14. Кудинов В. В., Иванов В. М. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий. М. : Машиностроение. 1981. 192 с.
15. Кусков Ю. М., Новикова Д. П., Богайчук И. Л. Роль неметаллических включений в возникновении трещин при дуговой наплавке // Автоматическая сварка. 2001. № 10. С. 18–21.
16. Кушнарев Л.И., Кушнарев С.Л., Чепурин А.В. Экономическая оценка проекта мастерской, цеха, участка, профилактория автогаража сельскохозяйственного предприятия. М.: УМЦ «ТРИАДА», 2014. 25 с.
17. Кушнарев Л.И. Организация эффективного использования машинно-тракторного парка. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 272 с.
18. Макаренко К. В., Забелин А. Л., Савинов Д. Н. Рациональный выбор способа восстановления деталей методом ручной дуговой наплавки износостойкого слоя // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 2. С. 12–15.
19. Пантелеенко Ф. И., Лалакин В. П., Иванов В. П. Восстановление деталей машин: справочник. М. : Машиностроение, 2003. 672 с.
20. Пастухов А.Г. Обеспечение эффективной эксплуатации грузовых автомобилей путём повышения надежности карданных передач // Вестник ОрелГАУ. 2010. № 1. С. 13–19.
21. Пастухов А. Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники: Автореф. дис. ... д-ра. тех. наук М.: ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина», 2008. 34 с.
22. Полосков С. С. Проблемы наплавки уплотнительных поверхностей арматуры и пути их решения // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. № 4. С. 349–356.

23. Походня И. К., Альтер В. Ф., Шлепаков В. Н. Производство порошковой проволоки. Киев : Вища школа, 1980. 231 с.

24. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

25. Сидоров А. И. Восстановление деталей машины напылением и наплавкой. М. : Машиностроение, 1987. 192 с.

26. Смирнов И.В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

27. Туричин Г. А., Земляков Е. В., Поздеева Е. Ю. Технологические возможности лазерной наплавки с использованием мощных волоконных лазеров // МиТОМ. 2012. № 3. С. 35–40

28. Федько В. Т., Крюков А. В., Солодский С. А. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2004. Т.2. С. 100–103.

29. Чеботарев М. И., Кадыров М. Р. Выбор оптимального восстановления изношенной поверхности деталей: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2016. 91 с.

30. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в современных условиях. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 336 с.

31. Шоно С. А. Плавкость шлаков, образующихся при износостойкой наплавке порошковой проволокой открытой дугой // Автоматическая сварка. 1974. № 1. С. 7–9.

32. Юзвенко Ю. А., Кирилук Г. А. Защита металла при наплавке порошковой проволокой открытой дугой // Автоматическая сварка. 1974. № 3. С. 58–60.

33. DeRuntz B. D. Transfer welding in manufacturing // Surface Tension. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. P. 20–26.

34. Jaeschke B., Vollrath K. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens // Schweißen und Schneiden. 2009. № 9. P. 548–553.

35. Schierl A. The CMT-Process – A Revolution in welding technology // Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huismann: Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.