

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 Технология ремонта трансмиссионного вала бурового насоса

Студент

А.Ю. Шестаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Д.Э. Советкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин типа валов.

. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменную наплавку. Для повышения эффективности процесса восстановления вала предлагается внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков, которые были найдены в ходе анализа источников научно-технической информации.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, действие которых сопровождает применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Также рассмотрены вопросы обеспечения экологической безопасности и проведения экологического мониторинга рассматриваемого технического объекта.

Внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект.

Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

При внедрении в производство предлагаемых технических решений и организационных мероприятий возможно получение экономического эффекта в размере 1,3 млн. рублей в год.

Полученные результаты рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление деталей машин типа валов.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 5 |
| 1 Современное состояние проведения восстановительных работ вала бурового насоса. | 7 |
| 1.1 Сведения о конструкции детали, условиях эксплуатации и возникающих дефектах. | 7 |
| 1.2 Сведения о материале детали. | 9 |
| 1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки. | 10 |
| 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. | 15 |
| 2 Построение проектной технологии восстановления трансмиссионного вала бурового насоса. | 16 |
| 2.1 Обоснование выбора способа восстановления. | 16 |
| 2.2 Описание установки для плазменной порошковой наплавки. | 23 |
| 2.3 Описание операций проектного технологического процесса. | 27 |
| 3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений. | 30 |
| 3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. | 30 |
| 3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков. | 31 |
| 3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков. | 33 |
| 3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта. | 35 |
| 3.5 Обеспечение экологической безопасности промышленного объекта. | 37 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений. | 39 |

| | |
|---|----|
| 4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. | 39 |
| 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования. | 41 |
| 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии. | 42 |
| 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам. | 44 |
| 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. | 48 |
| 4.6 Показатели экономической эффективности. | 60 |
| Заключение | 53 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 55 |

Введение

В настоящее время на повестке дня остро стоит вопрос обеспечения ресурсосбережения и энергосбережения технологических процессов и производства. Для этого требуется кратное увеличение срока службы элементов технологического оборудования без снижения его эксплуатационных свойств. Решение этой проблемы может быть достигнуто за счёт применения технологий восстановления деталей машин.

Для того, чтобы восстановить работоспособность детали, зачастую требуется значительно меньшее количество энергии и материалов, чем для изготовления новой детали. Кроме того, возможность оперативного восстановления позволяет уменьшить заделы из новых деталей на случай выхода из строя. При этом проблемы с логистикой могут значительно усугубить ситуацию, так как затягивание поставок новых деталей может привести к остановке производства. Следует принимать во внимание, что восстановительная технология может применяться к детали многократно, поэтому срок службы элементов техники продляется в несколько раз.

При выполнении бурения нефтяных и газовых скважин применяются буровые насосы. Работа бурового насоса происходит в сложнейших условиях, в результате чего детали подвергаются значительному износу. В настоящий момент стоимость новой детали с учётом доставки по параллельному импорту может приближаться к 50...70 % стоимости готовой установки. Если же делать восстанавливать современными методами, то стоимость восстановления будет существенно ниже. Поэтому при внедрении технологии восстановления деталей машин следует ожидать получения значительного экономического эффекта, что оправдывает трудовые и мыслительные затраты на внедрение технологии.

На основании вышеизложенного следует признать актуальность цели темы выпускной квалификационной работы и поставленной цели – повышение эффективности восстановления вала бурового насоса.

1 Современное состояние проведения восстановительных работ вала бурового насоса

1.1 Сведения о конструкции детали, условиях эксплуатации и возникающих дефектах

На рисунке 1 представлен буровой насос У8-6МА2, который широко применяется при проведении бурильных работ. В функциональную схему насоса включены станина (обозначена на рисунке позицией 1), на которую выполняют монтаж агрегатных узлов. Трансмиссионный вал (обозначен на рисунке позицией 2) приводит в действие кривошипно-шатунный механизм (обозначен на рисунке позицией 3). Смазка для трущихся элементов насоса поступает через систему смазки штоков (обозначена на рисунке позицией 4). В число агрегатных узлов насоса входят также пневматический компенсатор (обозначен на схеме позицией 5) и предохранительный клапан (обозначен на схеме позицией 6). Монтаж элементов насоса выполняется на раме (обозначена на схеме позицией 8). Конструкция насоса предусматривает установку гидравлического блока (обозначен на схеме позицией 7) и подогревателя (обозначен на схеме позицией 9).

Буровой насос выполняет несколько функций У8-6МА2 [5], [11].

Первой функцией является подача бурового раствора в бурильную колонну. Это позволяет обеспечить очистку забоя и долота от выбуренной породы за счёт циркуляции раствора в скважине. При этом происходит промывка рабочего инструмента и продление его ресурса.

Второй функцией является подведение гидравлической мощности к долоту, которая расходуется на частичное разрушение породы, это существенно повышает производительность бурения и улучшает условия работы бурового инструмента

Третьей функцией является подведение гидравлической энергии к забойному двигателю.

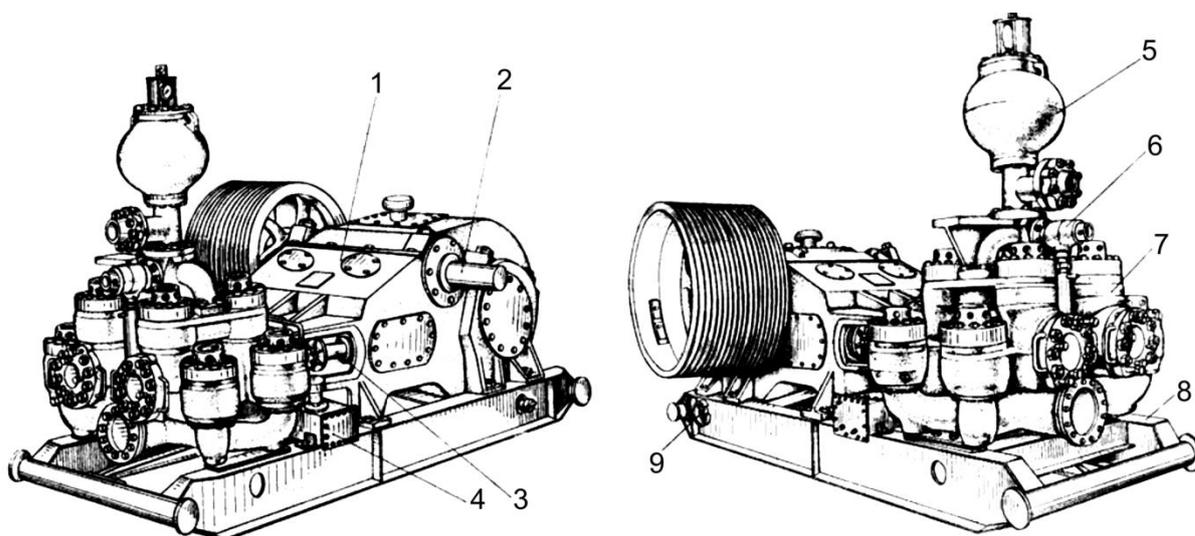


Рисунок 1 – Буровой насос У8-6МА2

В литой чугунной станине бурового насоса установлены шатунный механизм, трансмиссионный вал и коренной вал.

На рисунке 2 представлена схема устройства и работы трансмиссионного вала. Приведение во вращение коренного вала происходит посредством косозубой шестерни которая расположена на теле трансмиссионного вала. Эта шестерня выполнена монолитом с валом. Трансмиссионный вал устанавливается на двух роликовых подшипниках, которые являются двурядными. Подшипники монтируют в стаканах, которые являются двурядными. Подшипники монтируют в стаканах. Предотвращение протекания смазки из подшипников происходит за счёт применения резиновых уплотнителей.

В процессе эксплуатации бурового насоса трансмиссионные валы испытывают знакопеременные нагрузки, ударные нагрузки, истирающие нагрузки и другие виды нагрузок.

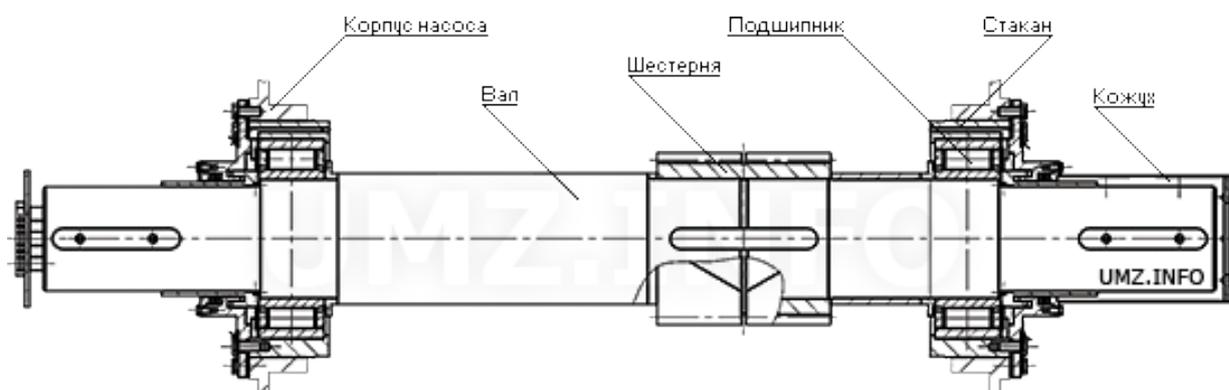


Рисунок 2 – Схема устройства и принцип работы трансмиссионного вала

При этом происходит износ зубчатого зацепления, концов трансмиссионного вала, посадочных поверхностей. Основной износ происходит в месте зацепления с шестерней коренного вала. При этом износ боковой поверхности зуба происходит с одной стороны, так как направление вращения вала в процессе работы не меняется.

В случае износа зубьев шестерни до 30 % по делительному диаметру, такой вал подлежит замене или восстановлению.

При дефектовке валов на них обнаруживают следующие износы: коррозионно-механические и коррозионные повреждения, эрозионно-кавитационные повреждения, деформации и изломы, износ рабочих поверхностей вала.

Возникновение деформаций и износов на вале происходит в случае действия напряжений, который по величине превосходят значение предела текучести или предела прочности материала, из которого изготовлен вал. В результате происходит либо деформация, либо нарушение целостности вала.

Возникновение механического износа происходит в контакте трущихся поверхностей. В зависимости от условий взаимодействия трущихся поверхностей может возникать абразивный износ, износ в результате трения качения или износ в результате трения скольжения.

Царапающее и режущее действие твёрдых абразивных частиц, которые проникают в контакт движущихся пар, вызывает абразивный износ.

При действии на поверхность быстро движущейся жидкости с высоким содержанием в ней механических примесей возникает эрозионно-кавитационный износ.

Химическое и электрохимическое воздействие внешней среды на поверхность деталей вызывает их коррозию.

Совокупное действие механических и коррозионных факторов приводит к образованию коррозионно-механического износа деталей машин.

В результате протекания описанных выше механизмов износа рассматриваемого трансмиссионного вала на нём происходит образование

ряда дефектов, возникновение и развитие которых в процессе эксплуатации могут стать причиной возникновения аварийной ситуации. Наиболее распространённым дефектом является износ посадочных поверхностей под подшипники, который встречается на 40 % деталей, поступивших на дефектацию. При этом порядка 60 % деталей могут быть признаны пригодными для ремонта. Вторым по распространённости является износ боковой поверхности зубьев шестерни, который встречается у 30 % деталей, поступивших на дефектацию. При этом порядка 50 % деталей могут быть признаны пригодными для ремонта.

1.2 Сведения о материале детали

Для изготовления рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе вала применяется сталь 34ХН3М, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1 [13], [20].

За счёт повышенного содержания углерода в стали 34ХН3М по сравнению с низкоуглеродистыми сталями обеспечивается повышение эксплуатационных свойств – прочности и износостойкости. При этом существенно ухудшается свариваемость стали 34ХН3М, что отрицательно сказывается при восстановительной сварке и наплавке деталей из этой стали.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 34ХН3М

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Mo |
|---------|-----------|-----------|-------------|----------|---------|-----------|------------|
| 0,3-0,4 | 0,17-0,37 | 0,5 – 0,8 | 2,75 – 3,25 | до 0,035 | до 0,03 | 0,7 – 1,1 | 0,25 – 0,4 |

Основные проблемы при ремонтной сварке и наплавке деталей из стали 34ХН3М возникают вследствие высокого содержания в этой стали углерода. Из-за этого повышается склонность к образованию холодных трещин и горячих трещин.

Холодные трещины характеризуются замедленным развитием, их образование происходит при температуре металла ниже 200 °С. После

зарождения холодной трещины, она развивается в течение нескольких часов или даже суток. При этом трещины могут обнаруживаться как в наплавленном металле, так и в основном металле.

Причиной образования горячих трещин является пониженная деформационная способность металла в нагретом состоянии. Переход расплавленного металла из жидкого состояния в твёрдое сопровождается уменьшением его объёма и образованием растягивающих напряжений. Сниженная деформационная способность нагретого металла приводит к растрескиванию в результате действия этих напряжений. Следует учитывать, что термическая обработка сварного шва не снижает вероятности получения горячих трещин, а наоборот, может привести к её повышению. Также вероятность образования горячих трещин существенно зависит от особенностей конструкции, так как различные её элементы могут играть роль концентраторов напряжений и способствовать образованию горячих трещин. Также следует соблюдать назначенные параметры режима сварки и технику сварки. При высокой скорости сварки вероятность образования горячих трещин повышается.

Эксплуатационные свойства восстановленной при наплавке детали из стали 34ХН3М определяются структурными составляющими и размерами зерна [9], [18], [19]. В связи с этим при восстановительной сварке и наплавке необходимо правильно назначать параметры режима.

1.3 Описание операций базового технологического процесса восстановительной наплавки

Перед принятием решения о возможности восстановительной наплавки вала необходимо провести выявление и анализ его дефектов. При этом следует выполнить следующую последовательность действий. После демонтажа вала отмывают его поверхность, удаляя следы ржавчины и смазки. Далее проводят осмотр поверхности вала и его обмер.

От операции очистки поверхности зависит достоверность определения дефектов и качество восстановительной наплавки, а также эксплуатационные свойства восстановленной детали. Загрязнения на поверхности вала имеют различную природу в зависимости от состава происхождения. Но все виды загрязнений характеризуются высокой прилипаемостью к поверхности. Для их удаления необходимо применять различные очищающие составы и оборудование.

Смазку и ржавчину с поверхности детали убирают вымачиванием в керосине, при этом длительность вымачивания составляет порядка 6...8 часов. При подаче в ёмкость с керосином перегретого водяного пара интенсивность очистки может быть значительно увеличена. После отмачивания детали её насухо протирают тканью.

Далее проводят дефектацию валов, в ходе которой определяют наличие на них дефектов и величину дефектов. По результатам анализ полученной информации принимают решение о возможности дальнейшего применения трансмиссионного вала. При этом детали распределяют на три группы

К первой группе относятся годные валы, количество и характер дефектов на которых позволяет длительную эксплуатацию. Такие валы поступают на укомплектование насосов или на склад запасных частей.

Ко второй группе относят валы, которые подлежат ремонту, характер дефектов на них позволяет их эксплуатацию после устранения дефектов. Такие валы поступают на участок для восстановления.

К третьей группе относят забракованные валы. Восстановление таких валов невозможно или неэффективно, и они направляются на утилизацию.

По результатам дефектации валы помечают краской. Красная – валы третьей группы, которые будут направлены на утилизацию, жёлтой – валы второй группы, которые будут направлены на ремонт и зелёной – валы первой группы, которые будут направлены в оборот годной продукции.

Зубчатые колеса не подлежат восстановлению, если в них присутствуют трещины, поломанные зубья и отслоения на рабочей стороне зуба.

После дефектации закрывают асбестом те поверхности вала, которые необходимо защитить от брызг расплавленного металла.

Оперативное восстановление рабочих поверхностей вала выполняем с применением ручной дуговой варки, схема выполнения наплавки при помощи которой представлена на рисунке 3. Наплавку ведут отдельными валиками. Толщина наплавленного слоя составляет порядка 8...10 мм, при этом необходимо принимать во внимание необходимость получения запаса на механическую обработку, который составляет порядка 2 мм.

Восстановительную наплавку рабочих поверхностей вала выполняем с использованием источника питания Русич-С-300, который представлен на рисунке 4.

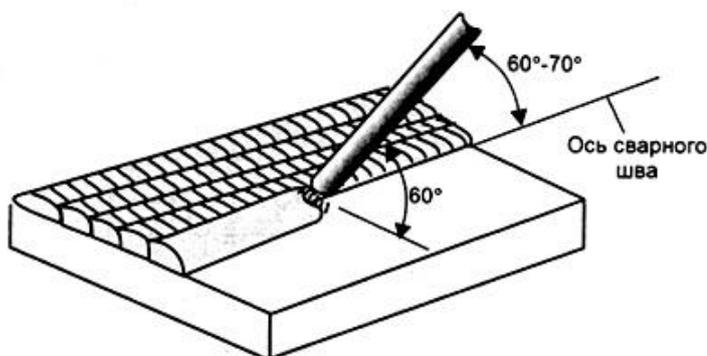


Рисунок 3 – Схема ручной дуговой наплавки



Рисунок 4 – Сварочный источник питания Русич-С-300

Наплавку ведут электродами УОНИ 13/85 диаметром 4 мм. Применяют постоянный ток обратной полярности. Для того, чтобы избежать перегрева, наплавку выполняют отдельными валиками, каждый валик после его выполнения охлаждают. Длину дуги поддерживают в диапазоне 0,5...1,1 диаметра электрода, что позволяет уменьшить выгорание легирующих элементов. Принимают силу тока наплавки в диапазоне 120...140 А. При наложении валиков каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий валик на 30...50 % от ширины.

Перед выполнением восстановительной наплавки проводят предварительный подогрев с использованием газового пламени. Для нагрева применяют ацетилен и кислород, при помощи газовых редукторов ДКП-165 и ДАП-1-65 устанавливают восстановительное пламя. Температура предварительного нагрева составляет 200...300 °С, которую контролируют с применением контактной термопары. В процессе предварительного подогрева нельзя допускать локального перегрева детали до температуры красного каления.

После наплавки вала его следует поместить в ящик с песком, в котором происходит равномерное охлаждение вала. Время вылёживания вала в ящике с песком составляет не менее 6 часов.

После наплавки проводят контроль визуальный качества на наличие в наплавленном слое трещин, непроваров, выходящих на поверхность пор и раковин.

Далее с использованием зубофрезерного станка 5А342, который представлен на рисунке 5, формируют зубья рабочей шестерни методом обкатки.

В числе преимуществ базовой технологии ремонтной наплавки трансмиссионного вала следует указать, во-первых, возможность выполнения ремонтной наплавки слоя значительной толщины, что позволяет с высокой производительностью исправлять износ существенной величины.



Рисунок 5 – Зубофрезеральный станок 5А342

Вторым преимуществом является относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки, которое не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии.

Третьим преимуществом является высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей.

Кроме того, технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического обеспечения и переобучения персонала.

Применяемая базовая технология имеет ряд недостатков. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества наплавки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящено вопросу повышения эффективности восстановления трансмиссионных валов буровых насосов.

При анализе свойств стали 34ХН3М, из которой выполнен рассматриваемый трансмиссионный вал, сформулированы трудности при восстановительной сварке и наплавке – образование холодных и горячих трещин.

При анализе операций базового технологического процесса восстановительной наплавки вала с применением ручной дуговой наплавки сформулированы недостатки.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, решению которых будет посвящен исполнительский раздел настоящей выпускной квалификационной работы.

Первой задачей выпускной квалификационной работы является обоснование выбора способа восстановления. В ходе решения этой задачи следует составить список возможных способов восстановления, применение которых по отношению к рассматриваемой детали будет эффективно.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления. При этом следует рассмотреть разработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками.

Третьей задачей является построение проектной технологии восстановления. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

2 Построение проектной технологии восстановления трансмиссионного вала бурового насоса

2.1 Обоснование выбора способа восстановления

На рисунке 6 представлена диаграмма применения различных способов восстановления деталей машин согласно работе [4]. Одним из основных методов восстановления является наплавка, которая позволяет вернуть утраченную работоспособность детали несколько раз [17]. Применяемые способы наплавки имеют различия по толщине слоя наплавки и производительности, что показано в таблице 2, в которой представлены сравнительные характеристики различных способов наплавки.

Построение проектной технологии восстановления вала предусматривает выполнение одного из трёх маршрутов, которые представлены на рисунке 7.

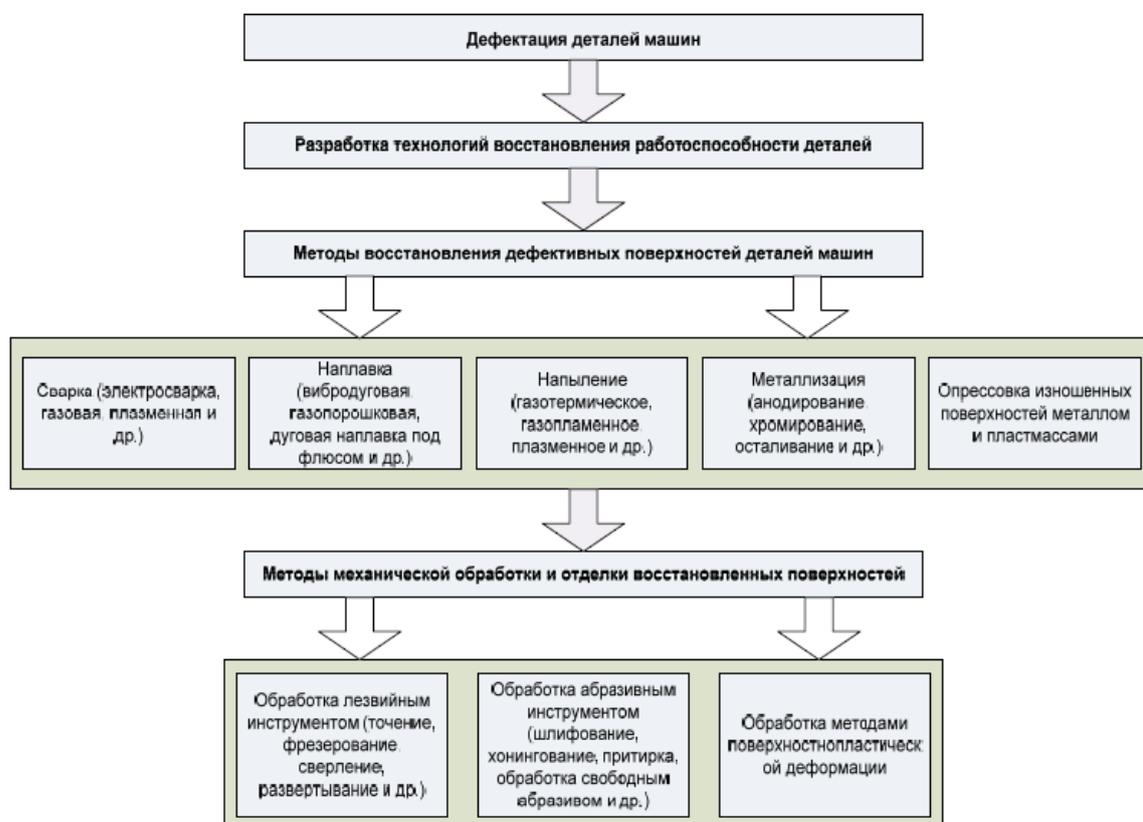


Рисунок 6 – Обобщённая диаграмма применения различных технологических приёмов для восстановления деталей машин

Таблица 2 – Сравнительная характеристика способов наплавки [4]

| Способ наплавки | Производительность, кг/ч | Доля основного металла, % | Толщина наплавленного слоя, мм |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| «Газовая с присадкой прутков или проволоки | 0,5-1,5 | 1 | 0,8-5,0 |
| Газопорошковая | 0,5-3,0 | 1 | 0,3-3,0 |
| Аргонно-дуговая неплавящимся электродом | 1,0-7,0 | 10-30 | 2,5-5,0 |
| Плавящимся электродом в защитном газе | 1,5-9,0 | 30-60 | 3,0-5,0 |
| Ручная дуговая, покрытыми электродами | 0,8-3,0 | 20-50 | 2,0-5,0 |
| Плазменная порошком | 0,8-6,0 | 5-15 | 0,3-6,0 |
| Индукционная» [4] | 2-15 | 5-15 | 0,4-3,0 |

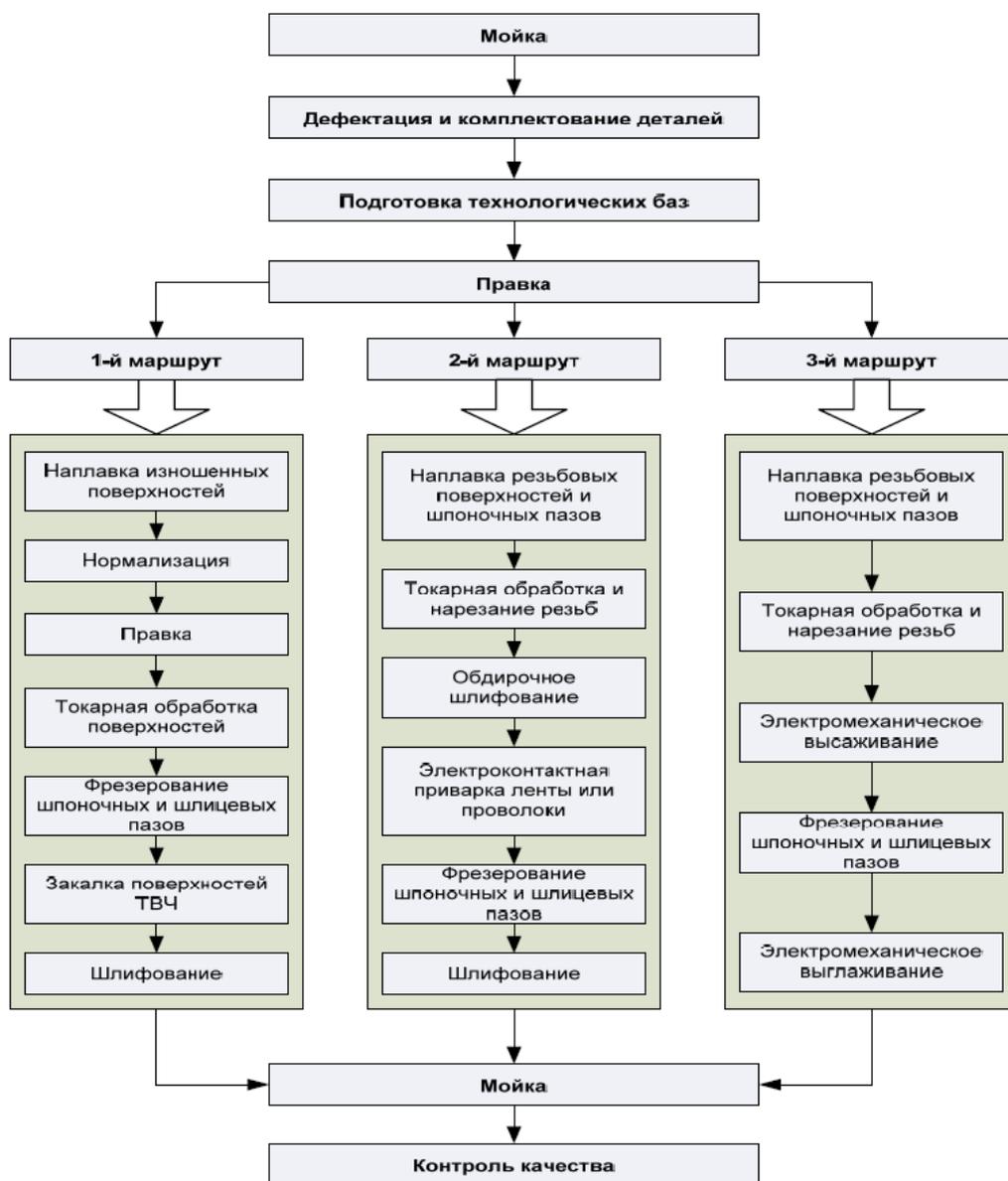


Рисунок 7 – Построение технологического процесса восстановления вала

Выбор одного из маршрутов ремонтной наплавки выполняется с учётом величины износа восстанавливаемой детали и принятого способа восстановления. Первый маршрут является оптимальным для деталей, имеющих значительную величину износа, которые предстоит восстанавливать с применением наплавки, механической и термической обработки. Вторым маршрутом применяется при восстановлении деталей методом электроконтактной приварки металлической ленты или проволоки. Третьим маршрутом применяется для деталей, восстанавливаемых с использованием электромеханической обработки.

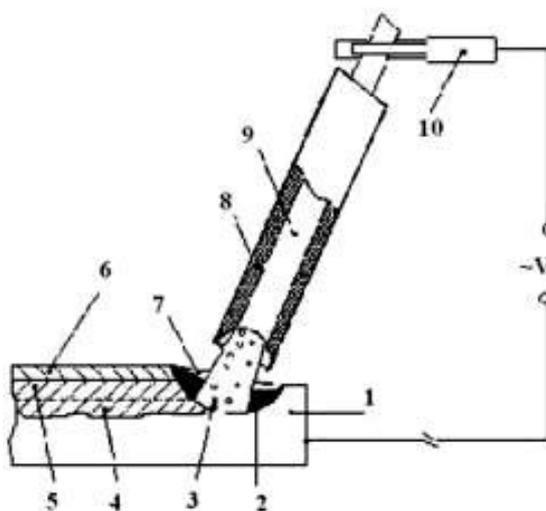
Анализ данных таблицы 2 позволяет рекомендовать для рассматриваемой восстанавливаемой детали такие способы: «ручная дуговая наплавка, наплавка в среде углекислого газа; лазерная наплавка, газопламенное напыление; плазменная наплавка» [16].

Ручная дуговая наплавка, схема проведения которой представлена на рисунке 8, даёт возможность выполнения наплавки слоя значительной толщины, что позволяет с высокой производительностью исправлять износ существенной величины. Вторым преимуществом является относительная простота и дешевизна применяемого оборудования для наплавки, которое не потребует затрат для приобретения, так как уже имеется на предприятии. Третьим преимуществом является высокая универсальность применяемой технологии и оборудования, которые могут быть использованы для восстановительной наплавки других деталей. Кроме того, технология ручной дуговой наплавки хорошо отработана и не требует приобретения дополнительных приборов метрологического обеспечения и переобучения персонала.

Технология ручной дуговой наплавки имеет ряд недостатков. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере

сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода наплавочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества наплавки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, может считаться одним из самых технологичных способов, так как газовая защита позволяет отказаться от использования флюса и получать наплавленный слой без шлаковой корки. Наплавка может вестись в различных пространственных положениях. Применение в качестве защитного газа углекислого газа позволяет существенно снизить затраты на осуществление способа.

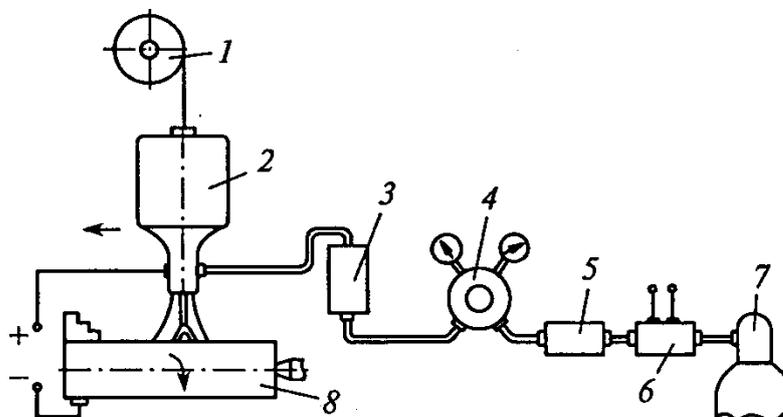


«1 – основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – электрическая дуга;
4 – проплавленный металл; 5 – наплавленный металл; 6 – шлаковая корка;
7 – жидкий шлак; 8 – электродное покрытие; 9 – металлический стержень электрода;
10 – электрододержатель» [16]

Рисунок 8 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

Следует отметить недостатки наплавки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Первым недостатком является высокое разбрызгивание электродного металла при применении форсированных режимов. Вторым недостатком является высокая стоимость и сложность изготовления

проволоки сплошного сечения при необходимости использования проволоки со специфическим химическим составом. Третьим недостатком является низкая пространственная устойчивость дуги, что отрицательно сказывается на качестве наплавки.



«1 – кассета с проволокой; 2 – наплавочный аппарат; 3 – расходомер; 4 – редуктор; 5 – осушитель; 6 – подогреватель; 7 – баллон с углекислым газом; 8 – деталь» [10]

Рисунок 9 – Схема наплавки в защитных газах

Лазерная наплавка, схема применения которой представлена на рисунке 10, предусматривает использование в качестве источника нагрева энергии лазерного луча. При лазерной наплавке выделяют три схемы выполнения способа.

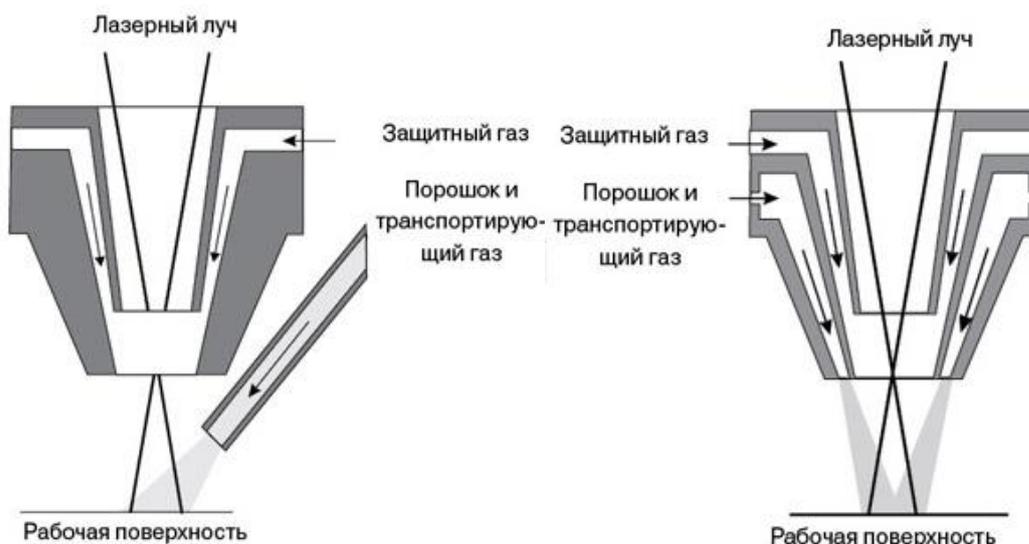


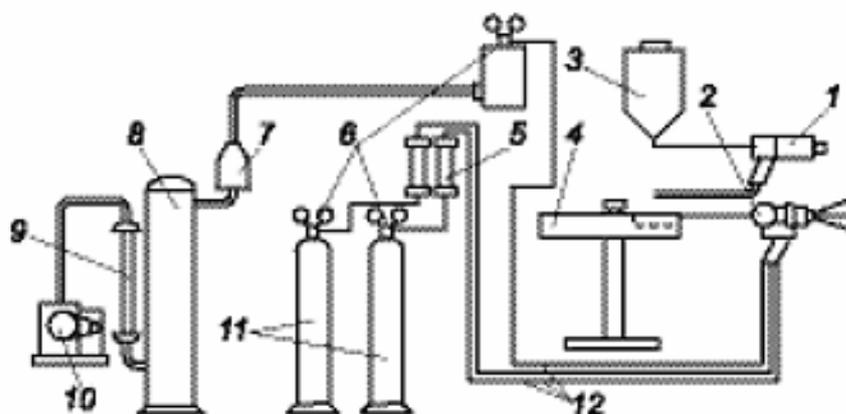
Рисунок 10 – Схема выполнения лазерной наплавки с боковой подачей порошка (а) и коаксиальной подачей порошка (б)

Первая схема предусматривает плавление лазерным лучом предварительно нанесённого на восстанавливаемую поверхность порошка.

Вторая схема предусматривает применение боковой подачи и представлена на рисунке 10-а. Применение этой схемы до недавнего времени было самым распространённым и позволяет получать покрытия различной толщины и состава. Самым главным недостатком такой схемы является несимметричная подача порошка относительно оси горелки.

Третья схема, которая представлена на рисунке 10-б, предусматривает коаксиальную подачу порошка, что позволяет получить симметричность относительно оси горелки. Однако аппаратное обеспечение коаксиальной подачи порошка при лазерной наплавке сложнее, чем боковой подачи порошка.

На рисунке 11 представлена схема выполнения газопламенного нанесения покрытия.



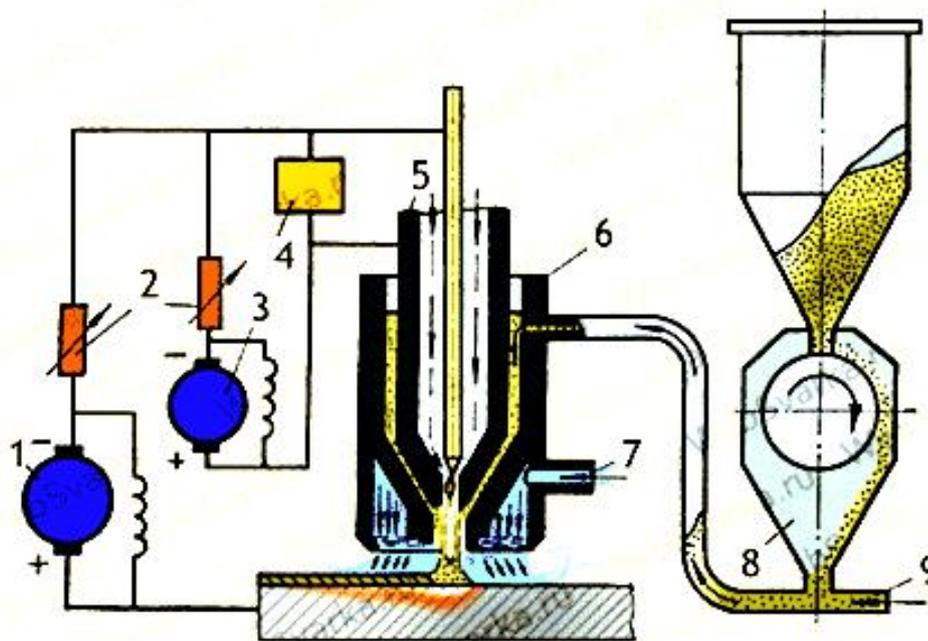
«1 - порошковый распылитель; 2 – проволочный распылитель;
3 – порошковый питатель; 4 – бухта проволоки на вращающемся столе;
5 – ротаметры газовые; 6 – редукторы 7 – фильтр; 8 – ресивер; 9 – воздушный ротаметр;
10 – компрессор; 11 – газовые баллоны» [16]

Рисунок 11 – Схема выполнения газопламенного напыления

Преимуществами газопламенного напыления являются малое тепловое воздействие на восстанавливаемую деталь, простота и дешевизна применяемого оборудования, высокая производительность и сопротивляемость нанесённого слоя износу [8], [16].

В качестве главного недостатка газопламенного нанесения покрытий следует указать низкую прочность сцепления наносимого слоя с основой детали, что становится причиной отслаивания покрытия при длительной работе и снижает эксплуатационные свойства восстановленных деталей машин. Увеличение толщины наносимого слоя более 1 мм приводит к усугублению этого эффекта.

На рисунке 12 представлена схема выполнения плазменной наплавки, применение которой при восстановлении деталей машин позволяет получать самую высокую производительность, достигающую 6 кг в час. При плазменной наплавке удаётся получить наплавляемый слой с самой высокой долговечностью. Также следует принимать во внимание, что плазменная наплавка характеризуется самой высокой экономичностью по сравнению с другими рассмотренными способами восстановления деталей машин, так как позволяет использовать порошки меньшей стоимости при получении аналогичного эффекта.



«1 - источник питания дуги прямого действия; 2 - балластные сопротивления; 3 - источник питания дуги косвенного действия; 4 - осциллятор 5 - сопло для плазмообразующего газа; 6 - корпус горелки; 7 - отверстие для ввода защитного газа; 8 - питатель для подачи порошка; 9 - трубка, по которой подается газ, несущий порошок» [16]

Рисунок 12 – Схема выполнения плазменной наплавки

На основании сформулированных ранее преимуществ и недостатков каждого способа следует выполнить экспертную оценку по критериям, сформулированным в работах [2], [6], [10].

В качестве критериев оценки выступают:

- стоимость оборудования и материалов,
- производительность процесса,
- количество дефектов при восстановлении,
- условия труда,
- эксплуатационные свойства восстановленного изделия,
- интегральная экономическая эффективность способа восстановления.

По результатам оценки альтернативных способов восстановления, которые могут применяться для трансмиссионного вала, предложим использовать плазменную наплавку.

2.2 Описание установки для плазменной порошковой наплавки

На рисунке 13 представлена предлагаемая конструкция плазматрона. Плазматрон позволяет проводить порошковую наплавку сплавами на основе железа, никеля, кобальта. Толщина слоя при плазменной наплавке составляет 0,5...6 мм в зависимости от настроек режима. Ток косвенной дуги плазматрона составляет 30...50 А. Ток прямой дуги составляет 30...350 А. Производительность наплавки по порошку составляет 0,5...8 кг в час. Плазматрон позволяет использовать порошок фракцией 63...200 мкм. Масса плазматрона составляет 1,2 кг.

В состав плазматрона входят держатель 1, корпус 2, втулка 3, катод 4, камера образования плазмы 5, термоэмиссионный сердечник 6, сопло 7, мундштук 8, чехол 9 и стакан 10.

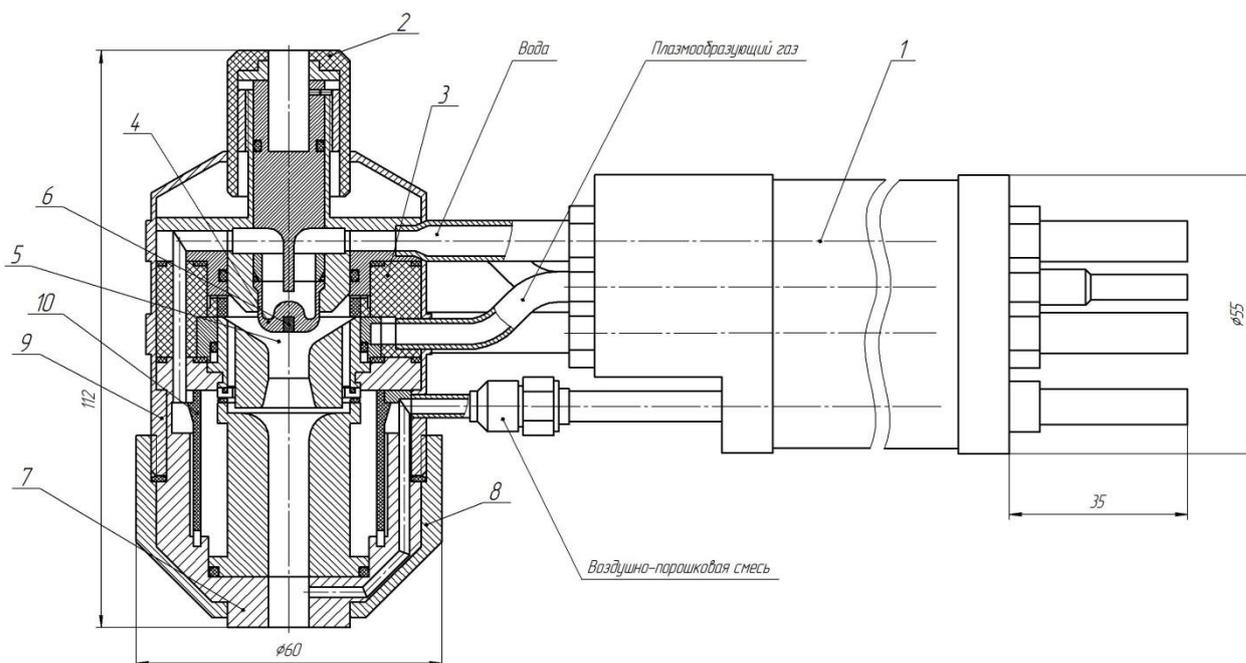


Рисунок 13 – Предлагаемая конструкция плазматрона для порошковой наплавки

На рисунке 14 представлена установка для плазменной наплавки, которая выполнена на базе токарного станка А364. В состав установки входит станина (обозначена на схеме позицией 1), вращатель (обозначен на схеме позицией 2), пульт управления (обозначен на схеме позицией 3), суппорт (обозначен на схеме позицией 4) и пиноль (обозначена на схеме позицией 5). Плазматрон, который на схеме обозначен позицией 6, устанавливается на приспособление для крепления (обозначено на схеме позицией 11). Порошок в плазматрон поступает из бункера (обозначен на схеме позицией 7). Вращение детали обеспечивается приводом (обозначен на схеме позицией 8), а поджатие детали обеспечивается задней бабкой (обозначена на схеме позицией 9). Защита персонала от излучения обеспечивается экраном (обозначен на схеме позицией 10).

Установка позволяет выполнять восстановительную плазменную наплавку деталей с максимальным диаметром до 800 мм и длиной до 3200 мм. Масса станка составляет 2,3 тонны.

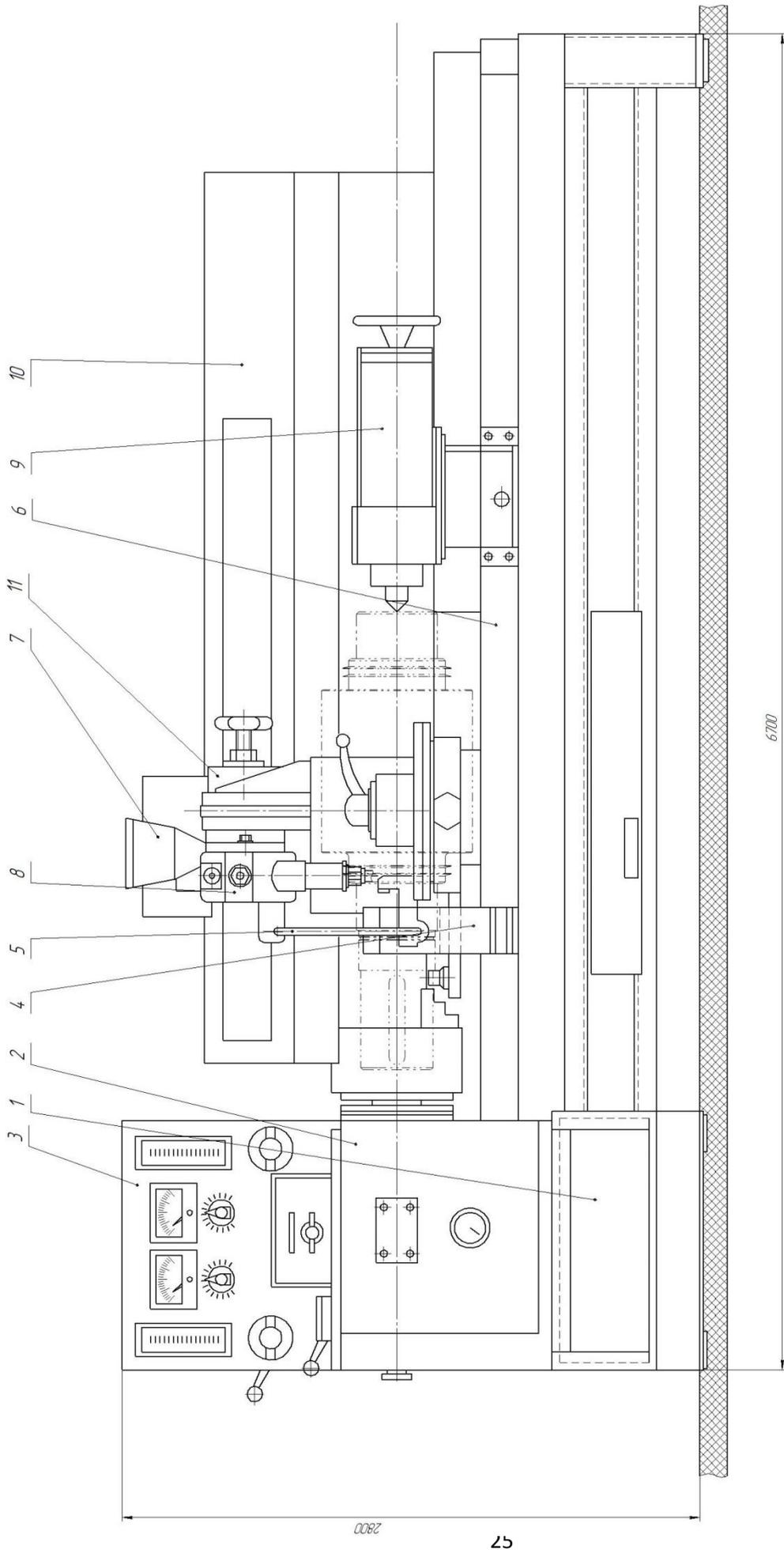


Рисунок 14 – Установка для плазменной наплавки

На рисунке 14 представлена предлагаемая схема питания плазматрона [1], которая позволяет автоматически снизить рабочий ток плазматрона при касании соплом изделия и возобновить процесс при устранении контакта. В результате повышается качество наплавки и существенно увеличивается ресурс плазматрона.

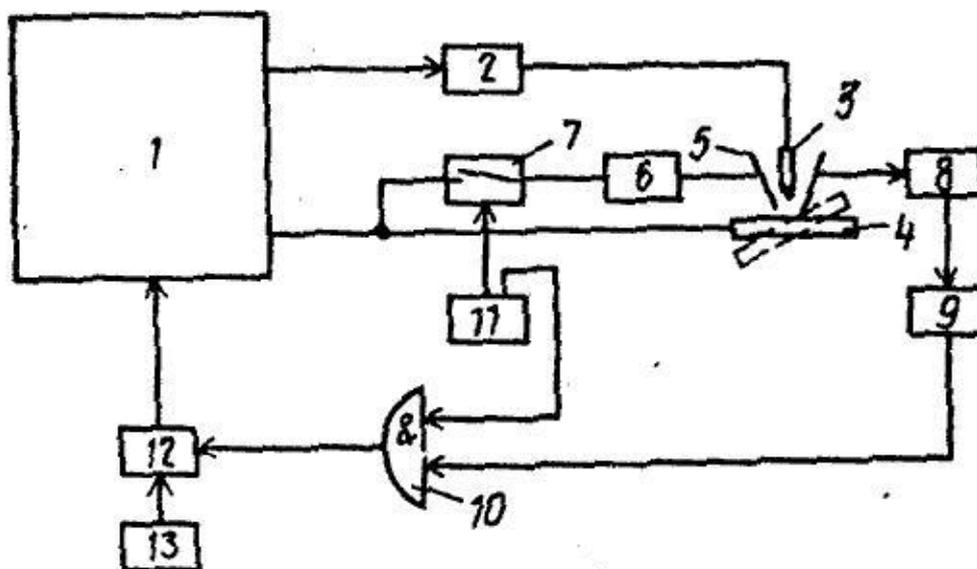


Рисунок 14 – Схема питания плазматрона согласно [15]

В схему на рисунке 14 включен источник питания плазматрона (обозначен на схеме позицией 1), который соединяется с электродом плазматрона (обозначен на схеме позицией 3) через возбуждатель дуги (обозначен на схеме позицией 2). Другой выход источника питания 1 соединен с деталью (обозначена на схеме позицией 4). Соединение сопла плазматрона (обозначено на схеме позицией 5) со сварочной массой выполнено через токоограничительный резистор (обозначен на схеме позицией 6) и ключ (обозначен на схеме позицией 7). Также сопло 5 плазматрона соединено с входом фильтра-ограничителя (обозначен на схеме позицией 8), у которого выход соединен с компаратором (обозначен на схеме позицией 9). На входы схемы совпадения (обозначена на схеме позицией 10) поступают сигналы от блока управления (обозначен на схеме позицией 11) и выхода компаратора 9. Коррекция задания тока выполняется блоком

коррекции тока (обозначен на схеме позицией 12), который также соединён с блоком задания тока (обозначен позицией 13).

Такое устройство питания плазматрона выполняет автоматическое уменьшение рабочего тока при касании соплом детали. При устранении контакта «плазматрон-деталь» происходит автоматическое возобновление процесса плазменной наплавки.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Детали, подлежащие наплавке с применением внутрицехового транспорта перемещают на участок восстановления и размещают на стеллажах.

Мойку валов перед восстановлением проводят в машине AM-2300 BS, которая представлена на рисунке 15. Отчистка от загрязнений происходит в щелочном растворе препарата МЛ-51, который получают растворением препаратов в воде с концентрацией 10...30 грамм на литр. Температура моющего состава задаётся 75...80 °С. Моечный препарат МЛ-51 включает в себя тринатрийфосфат, кальцинированную соду и каустическую соду. Продолжительной мойки составляет 30..40 минут. Частота колебаний при мойке задаётся в диапазоне 20...25 кГц.



Рисунок 15 – Моечная машина MMA1

После мойки выполняют промывку вала в проточной воде, при этом температуру проточной воды задают 20...30 °С, а длительность такой промывки составляет 10...15 минут.

При обнаружении на валу поверхностных дефектов, их следует удалить механическим путём. Также до здорового металла удаляется наклёпанный слой. Если изношенная поверхность имеет неравномерную выборку с переходами более 2 мм, её следует выровнять на станке.

Далее выполняют дробеструйную обработку поверхности вала. Эта операция введена в проектный технологический процесс для улучшения соединения наплавляемого слоя к основе детали. Применяют дробемётную камеру Q-3210, которая представлена на рисунке 16.



Рисунок 16 – Дробемётная установка Q-3210

На следующей операции выполняют наплавку. На основании результатов исследования технологии плазменной наплавки, приведённым в работе [21], назначает ток наплавки 200 А, скорость наплавки 5 м/ч, расход

защитного газа (аргон) составляет 7...9 литров в минуту. Толщина наплавляемого покрытия составляет 2 мм.

Применяется порошок фракции 40...100 мкм, составленный в виде смеси ПГ-С27 «Сормайт» + ВК-8 в соотношении 60 % на 40 %. Применение порошка «Сормайт» в качестве основы позволяет обеспечить сопротивление восстановленного слоя ударно-абразивному изнашиванию. Применение порошка карбида вольфрама ВК-8 позволяет повысить твёрдость и износостойкость наплавленного слоя.

После наплавки проводят контроль визуальный качества на наличие в наплавленном слое трещин, непроваров, выходящих на поверхность пор и раковин.

Далее с использованием зубофрезерного станка 5А342, который представлен на рисунке 5, формируют зубья рабочей шестерни методом обкатки.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [12] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [7].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [14], [15].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе решается вопрос повышения эффективности восстановления деталей машин типа валов с применением плазменной наплавки. Для повышения эффективности процесса восстановления вала предлагается внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков.

При осуществлении проектной технологии восстановления вала предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом. Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на три этапа. На первом этапе происходит мойка и подготовка детали. Для выполнения операций на этом этапе применяется шлифовальная машина, фрезерный станок, моечная установка, дробеструйная камера. На втором этапе происходит восстановление поверхности изношенной детали с применением плазменной наплавки. Для выполнения операций на этом этапе применяется установка для плазменной наплавки, дробеструйная установка и воздушный компрессор. На третьем этапе происходит контроль качества. Для выполнения операций на этом этапе применяется набор для проведения визуального и измерительного контроля, твердомер.

Особенности выполнения операций и применяемого технологического оборудования представлены в таблице 3.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Таблица 3 – Технологический паспорт технического объекта

| Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом | Привлекаемый для выполнения операции персонал | Перечень применяемого на операции технологического оборудования | Применяемые материалы и вещества |
|--|---|---|---|
| 1. «Мойка» | Слесарь-сборщик | Машинка угловая шлифовальная, моечная установка ММА-1, дробеструйная камера ГАКС-ДК-М | Круг абразивный, ацетон, ветошь, дробь стальная |
| 2. Наплавка | Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах | Установка УПУ-8М | Азот, наплавочный порошок, |
| 3. Контроль качества» [16] | Дефектоскопист | Твердомер | Ветошь |

Представленные в таблице 3 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски, источником которых являются опасные и вредные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 4 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке восстановления: моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка.

Таблица 4 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

| Наименование операции в соответствии с проектным процессом | Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса |
|--|---|
| 1. Мойка | <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 - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека |
| 2. Наплавка | <ul style="list-style-type: none"> - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенный уровень ультрафиолетовой радиации - повышенный уровень инфракрасной радиации - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны |
| 3. Контроль качества | <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 |

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 4, выделено семь негативных производственных факторов:

- 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,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,

- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 4, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 5.

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Также для индивидуальной защиты жизни и здоровья задействованных при реализации проектной технологии рабочих предлагается оснастить их средствами индивидуальной защиты. Такими средствами являются:

- специальная одежда,
- резиновые коврики,
- перчатки,
- средства защиты дыхательных путей,
- защитные очки,
- защитные маски.

Таблица 5 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

| Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса | Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора |
|---|---|
| 1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования | 1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками |
| 2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования | 1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений |
| 3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции |
| 4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | 1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение |
| 5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов | 1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками |
| 6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации | 1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны |
| 7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений | 1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны |

Представленные в таблице 5 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

В процессе осуществления проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. При этом необходимо принимать во внимание, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 6.

На основании данных таблицы 6 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| | |
|--|--|
| Наименование участка | Участок, на котором осуществляется восстановление деталей |
| Наименование оборудования | Моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка. |
| Классификация по виду горящего вещества | Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) |
| Наименование основных опасных факторов пожара | 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. |
| Наименование вторичных опасных факторов пожара | Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения |

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами. В таблице 7 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 7 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

| | |
|---|--|
| 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 |

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Обеспечение экологической безопасности промышленного объекта

Следование мировой экологической повестке заставляет рассматривать процесс реализации предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений на предмет негативного антропогенного действия на окружающую среду. В таблице 8 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса. Предлагаемые средства для защиты от антропогенного воздействия представлены в таблице 9 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 8 – Идентификация негативных экологических факторов

| Операция | атмосфера | гидросфера | литосфера |
|----------------------|-------------------|------------|---|
| 1. Мойка | вредные испарения | масло | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |
| 2. Наплавка | вредные испарения | масло | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |
| 3. Контроль качества | вредные испарения | масло | отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор |

Таблица 9 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

| | |
|----------------------------------|---|
| Наименование составляющего среды | Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием |
| Атмосфера | «Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [3] |
| Гидросфера | «Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [3] |
| Литосфера | «На производственном участке 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» [3] |

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин типа валов с применением плазменной наплавки. Для повышения эффективности процесса восстановления вала предлагается внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков.

При осуществлении проектной технологии восстановления вала предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом. Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на три этапа. На первом этапе происходит мойка и подготовка детали. Для выполнения операций на этом этапе применяется шлифовальная машина, фрезерный станок, моечная установка, дробеструйная камера. На втором этапе происходит восстановление поверхности изношенной детали с применением плазменной наплавки. Для выполнения операций на этом этапе применяется установка для плазменной наплавки, дробеструйная установка и воздушный компрессор. На третьем этапе происходит контроль качества. Для выполнения операций на этом этапе применяется набор для проведения визуального и измерительного контроля, твердомер.

В таблице 10 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 10 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

| Экономический показатель | Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя | Единица измерения экономического показателя | Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям | |
|--|---|---|--|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| «Число рабочих смен в сутках | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Разряд работников | P_p | - | IV | IV |
| Часовая тарифная ставка | $Cч$ | Р/час | 250 | 250 |
| 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 | $Ц_{об}$ | руб. | 150 тыс. | 1200 тыс. |
| Норма амортизации оборудования | K_a | % | 21,5 | 21,5 |
| Мощность оборудования | $M_{уст}$ | кВт | 12 | 40 |
| Коэффициент транспортно-заготовительных расходов | $K_{т-з}$ | % | 5 | 5 |
| Стоимость электрической энергии | $Ц_{э-э}$ | 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 | $м^2$ | 50 | 50 |
| Стоимость эксплуатации площадей | $C_{эксп}$ | (Р/ $м^2$)/год | 2000 | 2000 |
| Цена производственных площадей | $Ц_{пл}$ | Р/ $м^2$ | 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» [14] | $K_{зав}$ | - | 1,15 | 1,15 |

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 0,7 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,84$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,18 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,22$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_r = F_{\text{э}} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/0,84 = 2445$ деталей для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/0,22 = 9336$ деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 1000$ деталей в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{расч} = 0,84 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,38$ для базового варианта технологического процесса; $n_{расч} = 0,22 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_з = 0,38 / 1 = 0,38$ для базового варианта технологического процесса и $K_з = 0,1 / 1 = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_з$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_M и нормы расходов материалов N_p по формуле:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=3000 \cdot 0,16 \cdot 1,05 = 504$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=2500 \cdot 0,2 \cdot 1,05 + 30 \cdot 0,6 \cdot 9 \cdot 1,05 = 696$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 0,84 \cdot 250 \cdot 1,88 = 396$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 0,22 \cdot 250 \cdot 1,88 = 103$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{доп} = 396 \cdot 12 / 100 = 48$ рублей для операций базового

технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 103 \cdot 12 / 100 = 12$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 396 + 48 = 444$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 103 + 12 = 116$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 444 \cdot 34 / 100 = 150$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 116 \cdot 34 / 100 = 39$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации $H_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_{\text{а}} = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ и цена оборудования $\text{Ц}_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 150000 \cdot 21,5 \cdot 0,84 / 2054 / 100 = 13$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 0,22 / 2054 / 100 = 28$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст.}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $C_{ээ}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 12 \cdot 0,84 \cdot 3,4 / 0,7 = 48$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 40 \cdot 0,22 \cdot 3,4 / 0,85 = 37$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 13 + 48 = 61$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 28 + 37 = 65$ рублей по проектному технологическому процессу.

Следует отметить, что в проектной технологии наблюдается некоторое увеличение затрат на оборудование, чем при выполнении операций согласно базовому технологическому процессу. Это объясняется тем, что применяемое оборудование согласно проектному технологическому процессу намного сложнее, чем оборудование, применяемое согласно базовому технологическому процессу и имеет большую стоимость. Однако повышение производительности работ и качества работ должны в конечном итоге привести к получению положительного экономического эффекта.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы $ФЗП$, затрат на производственные площади $Z_{пл}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + \text{Осс} + З_{\text{пл}} + З_{\text{Об}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 504 + 444 + 150 + 61 = 1159$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 696 + 116 + 39 + 65 = 916$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $З_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 1159 + 1,5 \cdot 396 = 1159 + 594 = 2130$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 916 + 1,5 \cdot 103 = 916 + 155 = 1071$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $З_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 2130 + 1,15 \cdot 396 = 2130 + 455 = 2585$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1071 + 1,15 \cdot 103 = 1071 + 118 = 1189$ рублей.

В таблице 11 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Данные, представленные в таблице 11, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Снижение заводской себестоимости происходит за счёт повышения стабильности качества производительности процесса.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

| Показатель | Условное обозначение | Калькуляция, руб. | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Базовый вариант | Проектный вариант |
| 1. «Затраты на материалы | <i>M</i> | 504 | 696 |
| 2. Фонд заработной платы | <i>ФЗП</i> | 444 | 116 |
| 3. Отчисления на соц. нужды | <i>O_{CH}</i> | 150 | 39 |
| 4. Затраты на оборудование | <i>Зоб</i> | 61 | 65 |
| 5. Технологическая себестоимость | <i>Стех</i> | 1159 | 916 |
| 6. Цеховые расходы | <i>P_{цех}</i> | 971 | 155 |
| 7. Цеховая себестоимость | <i>Сцех</i> | 2130 | 1071 |
| 8. Заводские расходы | <i>P_{зав}</i> | 455 | 118 |
| 9. Заводская себестоимость» [17] | <i>С_{зав}</i> | 2585 | 1189 |

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{об.б.} = 150000 - (150000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 53250$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{общ. б.} = 1 \cdot 53250 \cdot 0,38 = 20235$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{общ.пр.}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{пл.пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр.}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{тз}=1,05$, цены оборудования $\Pi_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{з.}$:

$$K_{об.пр.} = \Pi_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{з.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 126000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 1 \cdot 150000 \cdot 0,05 = 75000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 75000 + 60000 = 135000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 126000 + 135000 = 261000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 261000 - 20235 = 240765$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 261000/1000 = 261$ рублей за единицу продукции по проектной технологии и $K_{\text{уд}} = 20235/1000 = 20$ рублей за единицу продукции по базовой технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (0,84 - 0,22) \cdot 100 \% / 0,84 = 74 \%$.

Повышение производительности Π_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_T = 100 \cdot 74 / (100 - 74) = 284 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (1159 - 916) \cdot 100\% / 1159 = 21 \%$.

Размер условно-годовой экономии $\Pi_{ож}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{ож} = (2585 - 1189) \cdot 1000 = 1396000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{ок}$ составляет:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 240765 / 1396000 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta \Gamma = 1396000 - 0,33 \cdot 240765 = 1316548$ руб.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

При внедрении предлагаемых решений происходит расширение технологических возможностей оборудования, которое проявляется в повышении качества выпускаемой продукции, производительности труда и снижении расходов на материалы. Таким образом, внедрение в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы позволяет получить положительный экономический эффект.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 284 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 21 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет судить о высокой эффективности настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления деталей машин типа валов.

. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменную наплавку. Для повышения эффективности процесса восстановления вала предлагается внедрить разработки отечественных исследователей-сварщиков, которые были найдены в ходе анализа источников научно-технической информации.

При осуществлении проектной технологии восстановления вала предусматривается последовательное выполнение операций в соответствии с предлагаемым в работе технологическим процессом. Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на три этапа. На первом этапе происходит мойка и подготовка детали. Для выполнения операций на этом этапе применяется шлифовальная машина, фрезерный станок, моечная установка, дробеструйная камера. На втором этапе происходит восстановление поверхности изношенной детали с применением плазменной наплавки. Для выполнения операций на этом этапе применяется установка для плазменной наплавки, дробеструйная установка и воздушный компрессор. На третьем этапе происходит контроль качества. Для выполнения операций на этом этапе применяется набор для проведения визуального и измерительного контроля, твердомер.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, действие которых сопровождает применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Также рассмотрены вопросы обеспечения экологической безопасности и

проведения экологического мониторинга рассматриваемого технического объекта.

При внедрении предлагаемых решений происходит расширение технологических возможностей оборудования, которое проявляется в повышении качества выпускаемой продукции, производительности труда и снижении расходов на материалы. Таким образом, внедрение в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы позволяет получить положительный экономический эффект.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 284 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 21 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,3 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Полученные результаты рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление деталей машин типа валов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. 1646743 СССР, МКИ В 23К 10/00. Устройство для плазменной обработки / Вичик Б. П., Ерамаков С. А., Зайцев В. П. Заявл. 24.10.88. Опубл. 07.05.91, Бюл. № 17, 3 с.
2. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Бессуднов, И.А. Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева. – 2014.
5. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 2003.
6. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Данилов П. А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. техн. университет «СТАНКИН». 2010.

9. Заяц Л. П., Панов Д. О., Симонов Ю. Н. Исследование процессов формирования структуры аустенита в сталях различных систем легирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2011. № 7. С. 54–61.

10. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.

11. Ильский А.П. Буровые машины и механизмы. М.: Академия, 2003.

12. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

13. Колосков М. М., Долбенко Е. Г., Каширский Ю. В. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 2001. 672 с.

14. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.

15. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

16. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.

17. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей : методические рекомендации к курсовому и дипломному проектированию. М. : МГАУ, 1998. 52 с.

18. Протопопов Е. А., Вальтер А. И., Протопопов А. А. Обобщённая температурная зависимость ударной вязкости улучшенных низколегированных сталей // Известия ТулГУю Технические науки. 2014. № 11. С. 110–116.

19. Смирнов Н. Н., Ицкович А. А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М. : Транспорт, 1980. 229 с.

20. Шахпазов Е. Х., Зайцев А. И., Родионов И. Г. Современные проблемы металлургии и материаловедения стали // Металлург. 2009. №4. С. 25–31.

21. Шахов В. А., Учкин П. Г., Аристанов М. Г. Методика проведения лабораторных исследований процесса плазменной наплавки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6. С. 144–149.