

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 восстановления колёс шахтных вагонеток

Обучающийся

В.А. Кузьминых

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(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

Статистика по машиностроительным и добывающим предприятиям Российской Федерации показывает, что получение товарной продукции в количестве 1 тонны требует перемещения различного сырья в количестве порядка 100 тонн. При этом на начальной фазе добычи и переработки, которая характеризуется самыми большими объёмами перемещаемых грузов, используются транспортные вагонетки. Поставленная цель – повышение эффективности восстановления колес шахтных вагонеток с использованием технологии дуговой наплавки.

Рассмотрены различные варианты построения технологии восстановительной наплавки с применением альтернативных способов. На основании рассмотренных преимуществ и недостатков, которыми обладают различные способы восстановительной наплавки, обосновано применение автоматическую наплавку под флюсом, которую решено использовать при построения проектной технологии.

В исполнительском разделе выпускной квалификационной работы решены задачи выбора оптимальных параметров режима автоматической наплавки под флюсом колёсных пар, составлен проектный технологический процесс и спроектировано специализированное оборудование для его осуществления.

Учёт капитальных вложений при внедрении проектной технологии позволяет обосновать размер годового экономического эффекта 3,26 млн. рублей. Таким образом, применительно к предлагаемой проектной технологии были обоснованы получение технологического (снижение брака и повышение производительности), экономического (получение эффекта в размере более 3 млн. рублей), социального (снижение трудоемкости и травматизма) эффектов. Результаты выпускной квалификационной работы рекомендованы к внедрению на промышленных предприятиях страны.

Содержание

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 5 |
| 1 Современное состояние наплавочных технологий при восстановлении колёс шахтных вагонеток. | 7 |
| 1.1 Описание конструкции вагонетки и особенностей её ремонта. | 7 |
| 1.2 Сведения о материале колёсной пары. | 11 |
| 1.3 Особенности износа колёс вагонеток. | 12 |
| 1.4 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки. | 14 |
| 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. | 18 |
| 2 Построение проектного технологического процесса восстановительной наплавки колёсных пар. | 20 |
| 2.1 Назначение оптимальных параметров режима наплавки и наплавочных материалов. | 20 |
| 2.2 Описание оборудования для наплавки. | 23 |
| 2.3 Описание операций технологического процесса. | 25 |
| 3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы. ... | 29 |
| 3.1 Описание рассматриваемого технического объекта. | 29 |
| 3.2 Идентификация негативных производственных факторов. | 30 |
| 3.3 Снижение профессиональных рисков. | 33 |
| 3.4 Обеспечение пожарной безопасности. | 34 |
| 3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. | 36 |
| 4 Экономическое обоснование предлагаемых решений. | 38 |
| 4.1 Исходная информация для выполнения экономического обоснования. | 38 |
| 4.2 Расчёт фонда времени. | 40 |
| 4.3 Штучное время по базовому и проектному вариантам технологии. | 41 |
| 4.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимости по вариантам технологии. | 43 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5 Расчёт капитальных затрат по проектной и базовой технологии. . . | 47 |
| 4.6 Показатели эффективности предлагаемых решений. | 49 |
| Заключение | 52 |
| Список используемой литературы и используемых источников. | 53 |

Введение

Развитие промышленности Российской Федерации требует стабильного поддержания добычи полезных ископаемых, что возможно при снабжении добывающих предприятий всем необходимым технологическим оборудованием. При этом следует учитывать необходимость придерживаться мировой экологической повестки, что заставляет экономить ресурсы и электрическую энергию, повышать ресурсоэффективность и энергоэффективность добывающих предприятий.

Исходя из этого на повестке дня стоит вопрос повышения эффективности восстановительных операций, которые проводятся применительно к быстроизнашивающимся деталям машин. Такой деталью являются колеса вагонеток, эксплуатация которых происходит в крайне неблагоприятных режимах.

Статистика по машиностроительным и добывающим предприятиям Российской Федерации показывает, что получение товарной продукции в количестве 1 тонны требует перемещения различного сырья в количестве порядка 100 тонн. При этом на начальной фазе добычи и переработки, которая характеризуется самыми большими объёмами перемещаемых грузов, используются транспортные вагонетки.

На основании этого следует сделать вывод об актуальности выбранного направления выпускной квалификационной работы которая посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки колёс вагонеток.

Эксплуатация рудничного транспорта происходит в крайне неблагоприятных условиях. Динамические нагрузки, запылённость и повышенная влажность приводят к ускоренному износу колёс вагонеток.

Капитальный ремонт вагонетки предусматривает замену её колесной пары. На одно предприятие количество таких колёсных пар составляет до нескольких сотен в год. Их утилизация представляется целесообразной только после многократного восстановления работоспособности.

Эффективность применяемых методик восстановительной наплавки определяется возможностями исполнителя работ и правильностью организации восстановительного производства. При этом следует применять передовые технологии восстановления деталей машин, которые позволяют не только многократно восстанавливать исходные размеры изношенных деталей и их работоспособность, но и существенно повышать эксплуатационные характеристики и продлевать ресурс деталей машин. Известно, что своевременно проводимые мероприятия по восстановлению позволяют в 10 раз уменьшить затраты материалов и энергии по сравнению с производством новой детали. Применительно к колесным парам вагонеток ранее на предприятии была предпринята попытка применить ручную дуговую наплавку покрытыми электродами, но она закончилась неудачно. Из-за низкой производительности ручной дуговой наплавки и значительного количества дефектов, снижающих эксплуатационные свойства наплавленной колёсной пары, от дальнейшего применения ручной дуговой наплавки отказались. Это заставляет выполнять поиск более эффективных способов наплавки [6], [7].

На основании вышеизложенного следует признать актуальной выбранную темы выпускной квалификационной работы и поставленную цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной наплавки колес вагонеток. Достижение поставленной цели должно основываться на использовании современных и перспективных сварочных технологий. При этом с учётом складывающейся специфики мировой конъюнктуры предпочтение следует отдавать разработкам, предложенным отечественными инженерами-сварщиками. Это позволит не только интенсифицировать развитие российской сварочной науки, но и повысить технологическую независимость отечественного производителя от западного поставщика технологий.

Поставленная цель – повышение эффективности восстановления колес шахтных вагонеток с использованием технологии дуговой наплавки.

1 Современное состояние наплавочных технологий при восстановлении колёс шахтных вагонеток

1.1 Описание конструкции вагонетки и особенностей её ремонта

На рисунке 1 представлена конструкция шахтной вагонетки, которая применяется на предприятиях при организации транспортирования сырья и отхода в горной промышленности. В зависимости от реализуемого способа разгрузки применяются вагонетки с различными конструкциями опрокидывателей. При этом широкое распространение получили вагонетки с глухим кузовом, для разгрузки которых применяются специальные опрокидыватели. Также применяются вагонетки с откидными днищами, разгрузка которых выполняется путём опрокидывания на бок. Также предусмотрена конструкция вагонеток с откидной боковой стенкой и открывающимся днищем. Самое широкое распространение получили вагонетки с откидной боковой стенкой и вагонетки с глухим кузовом. В состав вагонетки входит кузов, рама, сцепное устройство и другие вспомогательные устройства.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматриваются колесные пары вагонеток, в состав которых входят два колеса, и ось. Крепление колёс на оси выполняется с применением двух пар подшипников, которые могут быть шариковыми или роликовыми. Сами колеса выполняются из литых заготовок.

Для того, чтобы обеспечить центрирование колеса относительно рельсовой колеи, на ободе колеса выполняется конусная проточка. Для уплотнения подшипников на колесе используется уплотняющее или лабиринтное кольцо. Смазывание подшипников колеса выполняется через отверстие, закрываемого пробкой при помощи шприцевания.

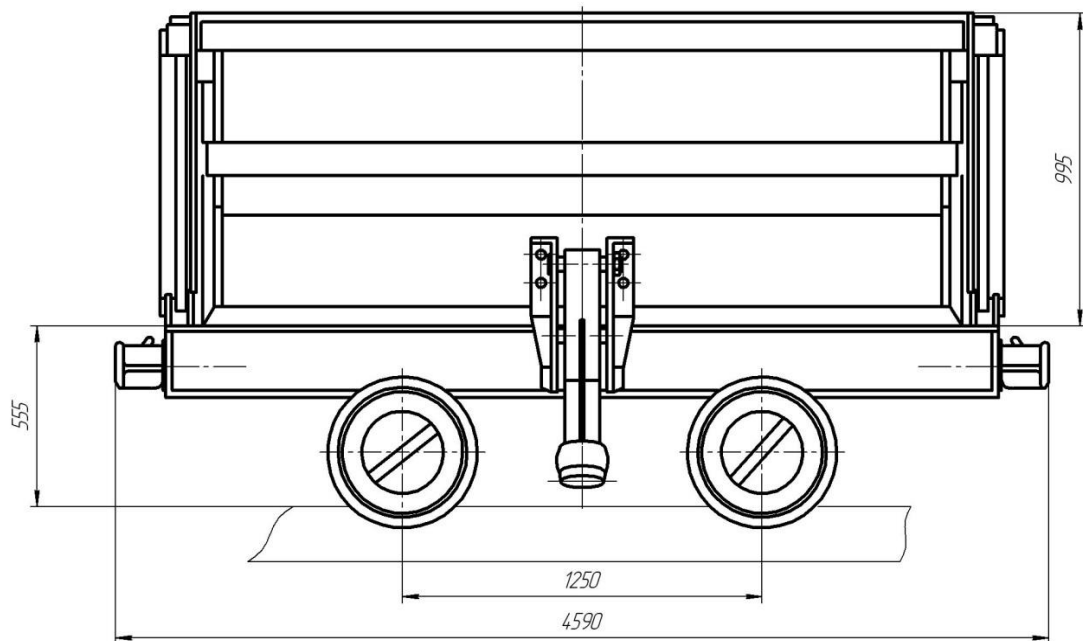
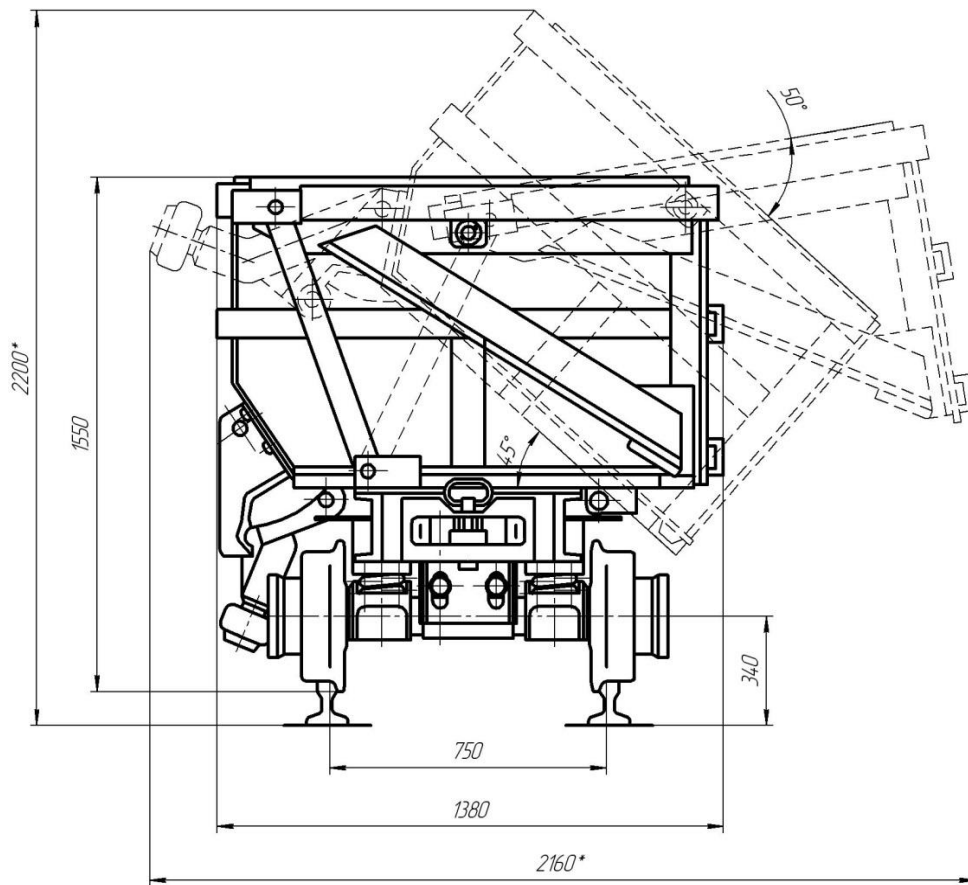


Рисунок 1 – Общий вид шахтной вагонетки

В таблице 1 представлены характеристики вагонеток, применяемых при транспортировке различных грузов в шахтах.

Таблица 1 – Параметры вагонеток

| Маркировка вагонетки | Ёмкость кузова, м ³ | Грузоподъёмность, т | Колея | Колесная база, м |
|----------------------|--------------------------------|---------------------|----------|------------------|
| ВГ 1,3 | 1,3 | 3,2 | 600 | 550 |
| ВГ 5,5 | 2,2 | 5,5 | 600, 750 | 1000 |
| ВГ 4,5А | 4,5 | 13,5 | 750, 900 | 1250 |
| ВГ 9,0А | 9 | 27 | 750, 900 | 4000 |
| ВГ 10 | 10 | 25 | 750, 900 | 4000 |
| ВГ 30 | 12 | 30 | 750, 900 | 3750 |

На рисунке 2 представлена унифицированная колесная пара, которая применяется для выполнения ходовой части вагонеток. В состав колёсной пары входят два колеса (представлены на рисунке позицией 1), крепление которых выполняется на оси (представлена на рисунке позицией 2). Для крепления колеса на оси применяются конические роликоподшипники. Для уплотнения роликоподшипников применяется лабиринтное кольцо (представлено на рисунке позицией 3), которое размещается с внутренней стороны колеса. С наружной стороны колеса для уплотнения подшипников служат крышка (обозначена позицией 4) и стопорная планка (обозначена на рисунке позицией 5). Для крепления к оси колеса служит корончатая гайка (обозначена на рисунке позицией 6), которая также используется для регулирования подшипников. Конструкция колесной пары позволяет выдерживать нагрузку до 7500 кг.

В таблице 2 представлены характеристики различных колёсных пар в зависимости от их маркировки.

Таблица 2 – Характеристики колёсных пар

| «Маркировка колёсной пары | Габаритная длина L, мм | Просвет I, мм | Колея S, мм | Масса, кг |
|---------------------------|------------------------|---------------|-------------|-----------|
| 35.014.006.000 | 1125 | 670 | 750 | 290 |
| 35.014.006.000-01 | 976 | 520 | 600 | 278 |
| 35.014.006.000-02 | 1275 | 820 | 900 | 323» [16] |

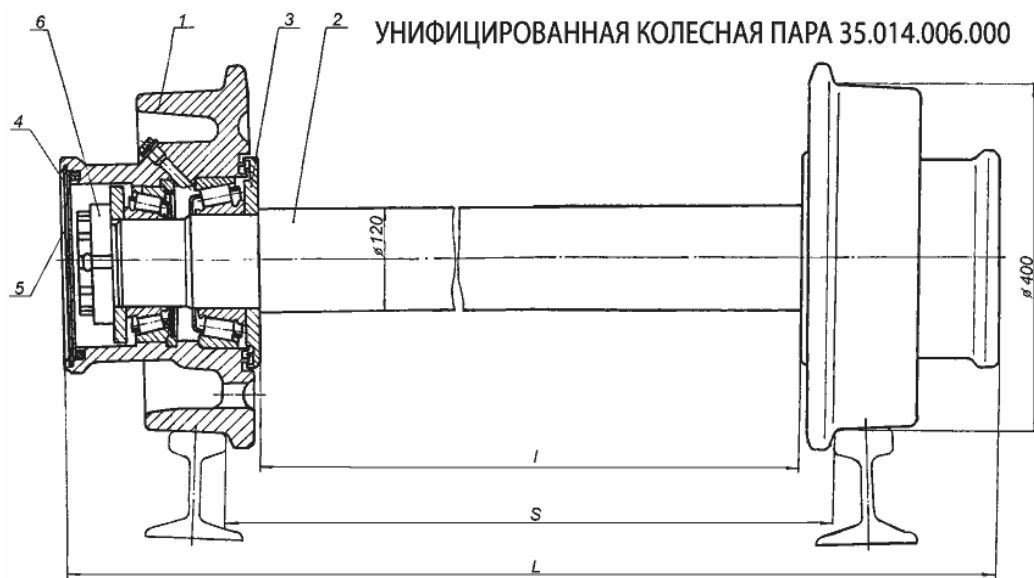


Рисунок 2 – «Унифицированная колёсная пара» [16]

Перед введением в работу каждую колёсную пару следует зарегистрировать в специальном журнале, при этом сама колёсная пара должна иметь инвентарный номер. Для хранения резервных колёсных пар применяются навесы. При хранении вагонеток их также располагают под навесами, укладывая колесами вверх. Перед работой вагонетки проходят ежедневный осмотр, который выполняется дежурным слесарем. По результатам такого осмотра принимают решение на проведение внеочередного ремонта. Текущий ремонт вагонеток проводят через каждые 12 месяцев. Для проведения ремонта служат специализированные мастерские. Текущий ремонт вагонеток предусматривает смазку подшипниковых узлов, исправление деформаций на кузовах, проведение ремонта сцепок, заварку пробоин на кузовах.

По мере износа вагонеток они поступают на капитальный ремонт, в ходе которого происходит замена изношенных колёсных пар, сцепного и буферного устройств. При искажении основных размеров геометрии кузова вагонетки выполняют разборку вагонетки, списание и утилизацию кузова, а колёсные пары применяются для комплектации других вагонеток.

1.2 Сведения о материале колёсной пары

В процессе работы колеса вагонеток подвергаются значительным напряжениям в контакте «рельс-колесо». Для изготовления колёс вагонеток должна применяться сталь с высокой стойкостью против поверхностного износа, с высокой контактной прочностью. Содержание углерода в таких сталях может достигать до 0,65 %. При изготовлении колёс вагонеток широкое распространение получили стали 35...65ГЛ, 25...55Л, 40Х и сталь 45. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос восстановления колесных пар, которые были изготовлены из стали 40Х. Состав этой стали приведён в таблице 3, сталь 40Х относится к конструкционным легированным сталям [8], [21].

Таблица 3 – Содержание химических элементов в стали 40Х

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
|-------------|-------------|-----------|--------------|----------------|----------------|-----------|--------------|
| 0,36...0,44 | 0,17...0,37 | 0,5...0,8 | менее 0,3 | менее 0,035 | менее 0,035 | 0,8...1,1 | менее 0,3 |

Сталь 40Х является трудносвариваемой стали относится к четвёртой группе свариваемости. При выполнении и сварных конструкций из этой стали высока вероятность образования трещин в основном и наплавленном металле. При сварке и наплавки стали 40Х нашли применение такие способы, как ручная дуговая сварка, электрошлаковая сварка, сварка под флюсом. Выполнение сварочных и наплавочных работ требует применения предварительного подогрева. Следует отметить следующие положительные свойства применения стали 40Х в сварных конструкциях: высокая механическая прочность, возможность придания конструкции эстетических и декоративных свойств, высокая сопротивляемость коррозии, сопротивляемость перепадам температур. Эквивалентное содержание углерода в стали превышает 0,45, поэтому при сварке и наплавке требуется предварительный подогрев.

1.3 Особенности износа колёс вагонеток

На рисунке 3 представлен внешний вид изношенного колеса вагонетки. Износ происходит вследствие того, что в процессе движения по рельсовому пути в контакте «рельс-колесо» возникают значительные нагрузки, связанные с троганием, разгоном, торможением и проскальзыванием колес относительно поверхности рельса. В результате интенсивного воздействия на поверхность колеса возникают излом, трещины и износ. Самым распространённым дефектом является износ, который может быть устранён путём проведения восстановительной наплавки.

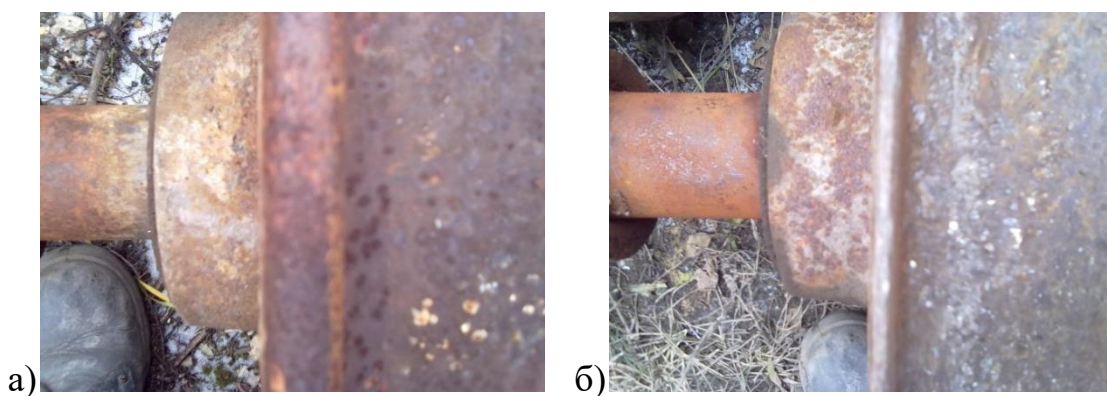


Рисунок 3 – Фото колеса вагонетки без износа (а) и с износом (б)

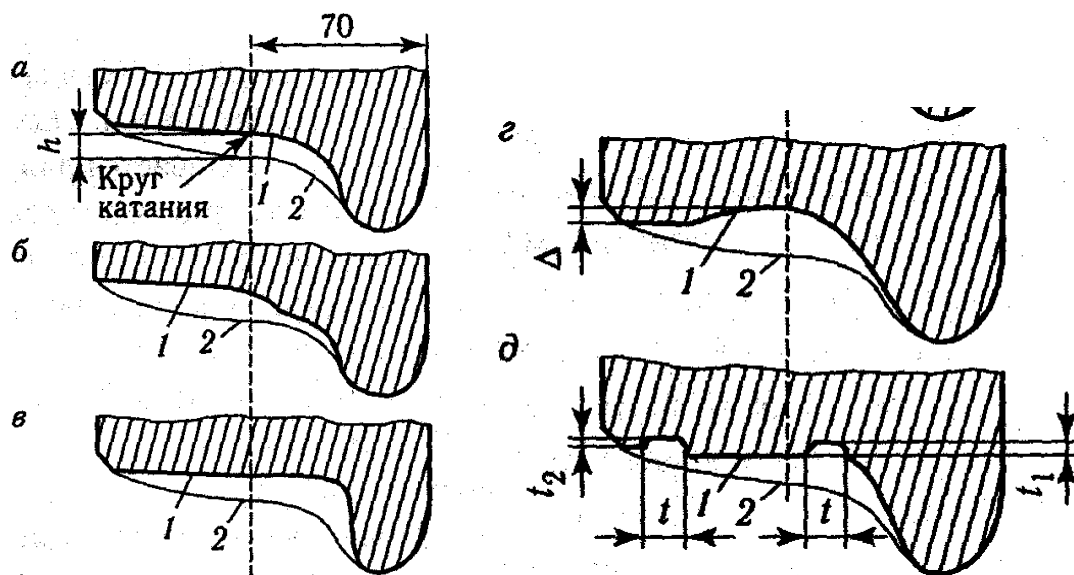
На рисунке 4-а представлен равномерный круговой износ, который характеризуется прокатом h на поверхности катания колеса. Такой равномерный износ возникает из-за взаимодействия колеса и рельса, которое сопровождается смятием волокон колеса и истиранием металла колеса при торможениях и проскальзываниях.

На рисунке 4-б представлен неравномерный круговой износ, который характеризуется образованием на поверхности катания ярко выраженной ступени. Причинами такого износа являются неправильная установка колесной пары и значительная разница колес на одной колесной паре. При обнаружении ступенчатого износа эксплуатацию колесной пары следует прекратить до устранения причины такого износа.

На рисунке 4-в представлен равномерный износ гребня колеса, который происходит по причине взаимодействия гребня колеса и головки рельса. При нарушении нормальной работы колёсной пары наблюдается повышенная скорость износа гребня колеса. Это происходит по причине сужения рельсовой колеи, значительной разницы диаметров колёс с каждой стороны, нарушении симметрии при посадке колёс на ось вагонетки.

На рисунке 4-г представлен седлообразный прокат, который характеризуется неравномерным по поперечному профилю круговым износом с седловидным углублением Δ .

На рисунке 4-д представлен износ с виде кольцевой выработки, при этом на одной поверхности катания может быть несколько кольцевых углублений шириной t . Причиной возникновения таких заглаблений является взаимодействие с тормозными колодками.



1 – профиль изношенного колеса; 2 – профиль неизношенного колеса

Рисунок 4 – Виды износа поверхности катания колес

Если колёсная пара не имеет сколов и трещин, то износ колесной пары может быть исправлен наплавкой. При этом следует принимать во внимание, что состояние поверхности катания существенно влияет на плавность хода и безопасность эксплуатации вагонетки.

1.4 Обоснование выбора способа восстановительной наплавки

При выполнении восстановительной наплавки деталей машин могут быть применены различные способы, при этом выбор способа основывается на технических возможностях предприятия, особенностях дефектов, эксплуатационных свойств наплавленных поверхностей и должен иметь перспективы для дальнейшего совершенствования процесса и его применения к другим деталям [1], [3].

В качестве критериев выбора того или иного способа восстановительной наплавки могут выступать условия труда сварщика, финансовые затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования, производительность и качество выполнения наплавочных работ [17].

«При восстановлении деталей машин широкое распространение получила ручная дуговая наплавка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 5» [17].

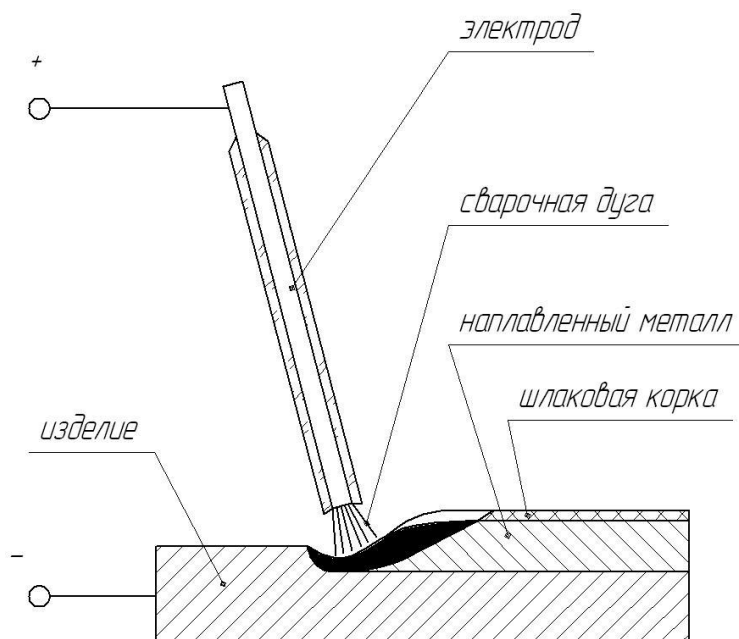


Рисунок 5 – Схема ручной дуговой наплавки

В качестве преимуществ ручной дугой наплавки следует указать простоту способа и возможность применения уже имеющегося на предприятии оборудования. При наплавке возможно получение

наплавленного слоя значительной толщины, что повышает производительность проведения наплавочных работ. Так как способ обладает высокой универсальностью, то его применение возможно для других аналогичных деталей, что существенно снижает стоимость внедрения способа. Ручная дуговая наплавка является давно применяющимся способом восстановления деталей машин с отработанной технологией и не требует специального обучения персонала.

«Механизированная и автоматическая наплавка в защитном газе проволокой сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, даёт возможность повысить производительность процесса по сравнению с ручной дуговой наплавкой» [17]. Также следует указать на улучшение условия труда сварщика и повышение качества наплавленного слоя. Не требуется отбивать шлак при наплавке и прерывать процесс наплавки для замены электрода, как это происходит при ручной дуговой наплавке. Кроме того, вязкость расплавленного металла выше, что позволяет выполнять наплавку на сложные поверхности и препятствует стеканию металла.

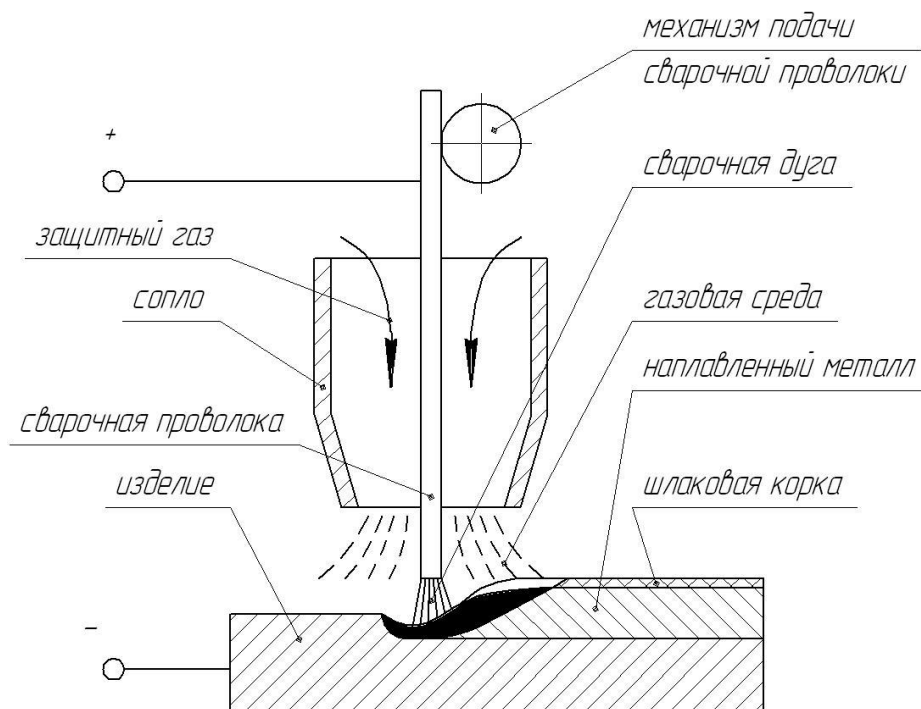


Рисунок 6 – «Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом» [17]

«Сварка и наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения является одним из самых наукоёмких дуговых процессов, совершенствованию которого посвящено множество современных исследований» [9], [12], [13], [20].

На рисунке 7 представлена схема выполнения наплавки под флюсом, которая позволяет получить высокую производительность и качество наплавки. Этот способ наплавки позволяет успешно бороться с разбрызгиванием и вредным излучением дуги, так как горение дуги происходит под слоем флюса. Сам флюс при наплавке расплавляется, образуя шлак, в оболочке которого и горит дуга, защищенная от воздействия воздуха. Также слой шлака обеспечивает снижение потерь тепла и позволяет уменьшать расход электрической энергии на проведение процесса наплавки.

Применение наплавки под флюсом при восстановлении колесных пар описано в работах [18], [19]. Недостатком способа может считаться необходимость применения специализированного оборудования и малая универсальность. Но при условии восстановления большого количества однотипных деталей этот способ может оказать экономически эффективным.

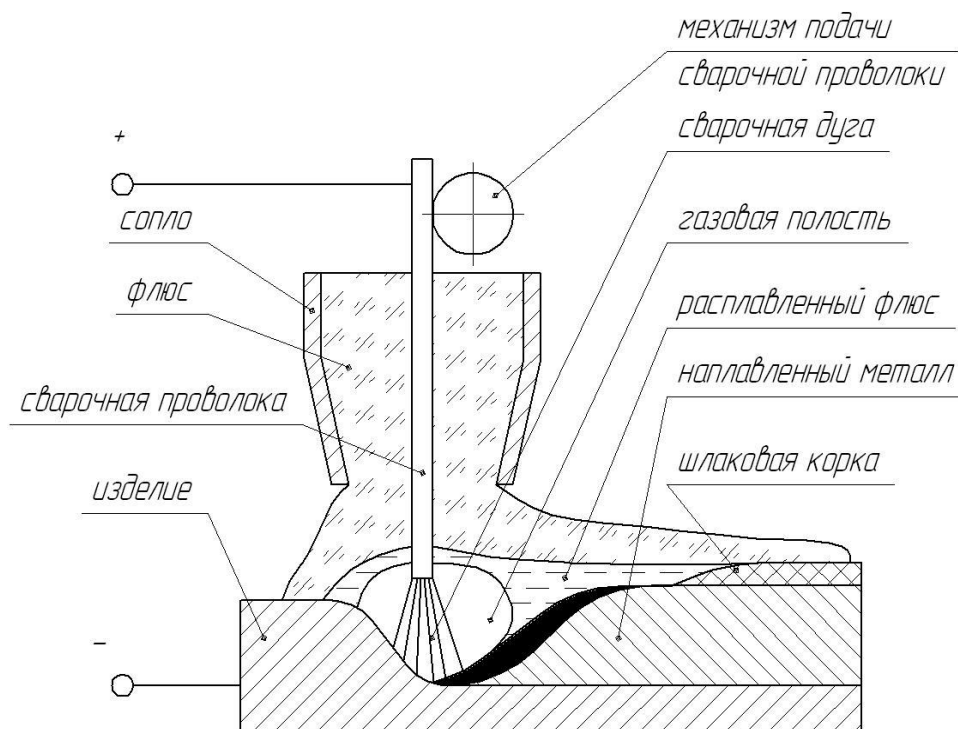


Рисунок 7 – «Схема наплавки под флюсом» [17]

«Электрошлаковая наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 8, является одним из самых производительных способов восстановления деталей больших габаритов» [17]. На схеме обозначены наплавляемая деталь (позиция 1), водоохлаждаемый кристаллизатор (позиция 2), присадочный материал (позиция 3), наплавленный слой (позиция 4), электрошлаковая ванна (позиция 5). При этом способе обеспечивается самое высокое качество по сравнению с ранее рассмотренными способами восстановления колесной пары. При этом в качестве присадочного металла может быть применена как присадочная проволока, так и пучки проволок, пластинчатый электрод и даже дробь. При этом возможно легирование наплавленного металла как через присадочный материал, так и через флюс.

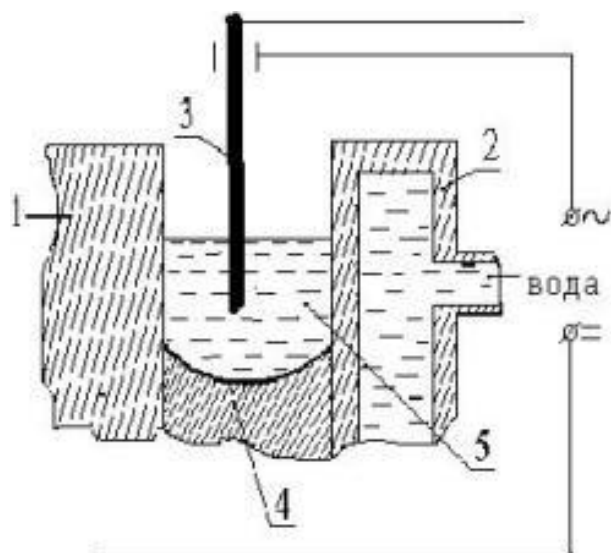


Рисунок 8 – Схема электрошлаковой наплавки

В качестве преимуществ электрошлаковой наплавки следует указать высокую стабильность протекания тепловых и металлургических процессов, которая обеспечивает высокое качество наплавленного металла. Также следует отметить высокую производительность наплавки с применением этого способа и значительную экономию электрической энергии, которая составляет до 20 % от энергии, затрачиваемой при проведении наплавки с применением ручной дуговой наплавки. Шлаковая ванна обеспечивает надёжную защиту металла от воздействия окружающего воздуха. При

выполнении электрошлаковой наплавки существенно снижаются требования к подготовке поверхности деталей перед наплавкой.

В качестве основного недостатка электрошлаковой наплавки следует указать ограничение по пространственному положению – для выполнения такой наплавки поверхность восстанавливаемой детали должна быть расположена вертикально. Также следует принимать во внимание, что процесс электрошлаковой наплавки нельзя прерывать до его полного завершения. В следствие особенностей металлургических процессов при электрошлаковой наплавке сам наплавленный металл имеет крупнозернистую структуру.

«На основании анализа преимуществ и недостатков рассмотренных способов восстановительной наплавки для построения проектной технологии представляется перспективным применение наплавки под флюсом» [17], для выполнения которой следует спроектировать технологическое оборудование и составить карту технологического процесса.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологических процессов при восстановительной наплавке колёсных пар. На основании анализа особенностей износа колёсных пар принято решение «об экономической целесообразности и технической возможности их восстановления с применением одного из четырёх способов: ручная дуговая наплавка, наплавка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения, наплавка под слоем флюса, электрошлаковая наплавка.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа принято решение для построения проектной технологии применить автоматическую наплавку под флюсом» [6].

В качестве выводов по первой главе настоящей выпускной квалификационной работы сформулируем задачи, выполнение которых позволяет достигнуть поставленной цели.

Первой задачей является обоснование оптимальных параметров режима наплавки и выбор расходных материалов для наплавки.

Второй задачей является построение проектной технологии восстановительной наплавки, которая позволяет сформулировать перечень операций при осуществлении процесса наплавки, требования к каждой операции.

Третьей задачей является проектирование участка для выполнения наплавки колёсных пар, которое предусматривает выбор и проектирование элементов технологического оборудования, описание совместной работы элементов в установке для наплавки.

Первые три задачи будут решены в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы. Для окончательного достижения поставленной цели следует выполнить оценочные разделы, в которых будут решены ещё две задачи.

Необходимо выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию восстановительной наплавки, предусмотреть меры защиты от них. Также следует предусмотреть мероприятия по обеспечению экологичности производственного участка [2], [5].

Также необходимо выполнить оценку финансовых затрат на проведение базового и проектного вариантов технологии. На основании экономических расчётов следует определить экономические показатели и сделать вывод об эффективности предлагаемых технологических решений [10], [11].

Анализ результатов исполнительского раздела и оценочных разделов выпускной квалификационной работы позволит сделать заключение о достижении поставленной цели.

2 Построение проектного технологического процесса восстановительной наплавки колёсных пар

2.1 Назначение оптимальных параметров режима наплавки и наплавочных материалов

Одним из основных параметров автоматической наплавки под флюсом является сила тока, которая определяется с учётом диаметра проволоки. Для диаметра проволоки $d_{эл}=2$ мм и плотности тока $a=60$ А/мм² рассчитываем силу тока наплавки I_H :

$$I_H = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 60 = 180 \text{ А.} \quad (1)$$

С учётом силы тока наплавки I_H и диаметра проволоки $d_э$ рассчитываем величину напряжения U_D на дуге:

$$U_D = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{св}}{\sqrt{d_{эл}}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{\sqrt{2}} \pm 1 = 27 \pm 1 \text{ В.} \quad (2)$$

В зависимости от тока наплавки I_H и диаметра проволоки $d_э$ выполняем расчёт коэффициента расплавления электродной проволоки a_p :

$$a_p = 7 + 0,04 \cdot \frac{I_H}{d_э} = 7 + 0,04 \cdot \frac{180}{2} = 10,6 \text{ г·А/ч.} \quad (3)$$

С учётом диаметра проволоки $d_э$, удельной массы наплавляемого металла γ и коэффициента расплавления a_p рассчитываем скорость подачи проволоки $V_{п}$:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot a_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 10,6 \cdot 180}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,0078} = 60 \text{ м/час.} \quad (4)$$

В зависимости от диаметра проволоки $d_э$ вычисляем площадь её поперечного сечения $F_э$:

$$F_э = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

Площадь поперечного сечения валика наплавленного металла $F_{\text{нп}}$ вычислим с учётом шага наплавки S и толщины наплавки h :

$$F_{\text{нп}} = h \cdot S \cdot 0,6 = 4 \cdot 12 \cdot 0,6 = 28 \text{ мм}^2. \quad (6)$$

С учётом площади электродной проволоки F_3 , скорости подачи $V_{\text{п}}$ и площади наплавленного валика $F_{\text{нп}}$ рассчитаем скорость наплавки $V_{\text{нп}}$:

$$V_{\text{нп}} = \frac{F_3 \cdot V_{\text{п}}}{F_{\text{нп}}} = \frac{3,14 \cdot 60}{28} = 10 \text{ м/час}. \quad (7)$$

Для рассчитанного тока наплавки $I_{\text{н}}=180$ А задаем толщину слоя флюса 25...35 мм. Для диаметра проволоки $d_3=2$ мм задаем вылет проволоки 20...25 мм. При наплавке принимаем смещение электродной проволоки в зените 40...50 мм.

Наплавку будем вести на постоянном токе обратной полярности.

Материалами при «автоматической наплавке под флюсом являются наплавочная проволока и флюс. При этом проволока может быть как сплошного сечения, так и порошковая проволока» [17]. Применение порошковой проволоки для наплавки под флюсом позволяет получить более высокое качество наплавленного слоя и расширить возможности для легирования наплавленного металла. При этом существенно повышается стабильность горения дуги, что упрощает проведение автоматической восстановительной наплавки [4]. Применение порошковых проволок упрощает получение заданного состава наплавленного металла, так как получение легированных проволок сплошного сечения связано с техническими и экономическим затруднениями. В настоящей выпускной квалификационной работе при построении проектной технологии применим проволоку сплошного сечения, так как это позволяет повысить стабильность подачи проволоки (устраняется опасность заломов). Стабильность горения дуги будет повышена за счёт применения импульсного управления горением дуги.

Для эффективной наплавки колесных пар наплавленный материал должен иметь состав, близкий к стали 18Х1Г1М или стали 30ХГСА. Для

того, чтобы повысить ресурс работы колес после наплавки необходимо, чтобы наплавленный слой имел структуру метастабильного аустенита, который под нагрузением будет превращаться в мартенсит [14], [15], [16].

В качестве флюса предлагается использовать флюс АН-348А, состав которого представлен в таблице 4. В качестве проволоки применим проволоку Св-08Г2СМФ, состав которой представлен в таблице 5.

Таблица 4 – Содержание химических веществ во флюсе АН-348А

| Si | MnO | CaP | CaO | MgO | AlO | FeO | S | P |
|-------|-------|---------|------|---------|------|-----|------|------|
| 41-44 | 34-38 | 3,5-4,5 | >6,5 | 5,0-7,5 | >4,5 | 2 | 0,15 | 0,12 |

Таблица 5 – Содержание химических элементов в проволоке Св-08Г2СМФ

| C | Si | Mn | Cr | Ni | P |
|------------|----------|---------|------|------|------|
| 0,05- 0,11 | 0,7-0,95 | 1,8-2,1 | <0,2 | 0,25 | 0,25 |

После того, как партия наплавочной проволоки поступила на предприятие, её следует зарегистрировать в журнале и хранить на складе отдельно от других партий проволоки, не смешивая их. Для хранения проволоки используется закрытое отапливаемое помещение, относительная влажность в котором должна быть не более 80 %, а температура не ниже +10°C.

Флюс для наплавки следует хранить в бумажных мешках, которые должны быть уложены на поддоны. Допускается также хранение флюса в специальных бункерах. Требования к помещению для хранения по температуре и влажности такие же.

Перед наплавкой следует проверить проволоку на наличие загрязнений, ржавчины, смазки и окалины. Проволоку очищают, наматывают на кассеты и хранят на отдельных стеллажах. Флюс перед наплавкой прокаливают при температуре 300...360 °С. После наплавки осыпавшийся флюс собирают, просеивают через сито с ячейкой 3 мм и перед наплавкой повторно прокаливают.

2.2 Описание оборудования для наплавки

На рисунке 9 представлена установка для наплавки колесных пар. В состав установки входит основание 1, на котором жёстко закреплена треверса 2. Для закрепления и поворота колесной пары служит вращатель 3. Относительно восстанавливаемой детали располагается наплавочная головка 4, которая имеет возможность регулировки положения. Управление работой установки осуществляется с пульта 5. Для питания сварочной дуги служит источник питания 6, который в рассматриваемой установке представлен сварочным выпрямителем ВДУ-1250, который показан на рисунке 10. Сварочная проволока размещается на катушке 13 и при помощи механизма подачи 7 подается в наплавочную головку. Для регулировки положения наплавочной головки служит маховик 8. Флюс перед наплавкой засыпают в бункер 9, откуда он по стоку 11 поступает в зону наплавки. Осыпавшийся флюс собирается в лоток 12.

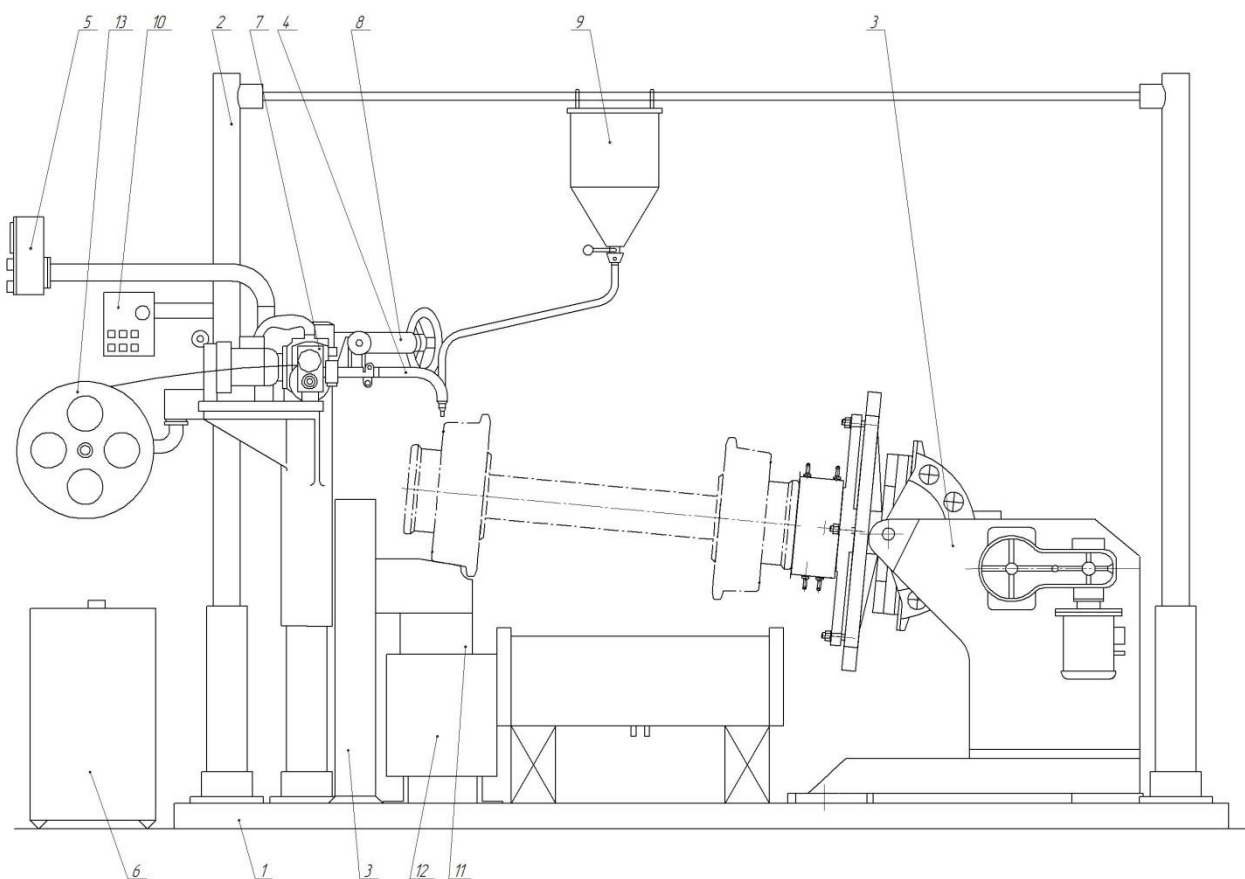


Рисунок 9 – Установка для наплавки колёс вагонеток



Рисунок 10 – Источник питания для наплавки под флюсом ВДУ-1250

В рассматриваемой установке для наплавки может быть применена проволока диаметром 1,2...5,0 мм.

Предварительный подогрев колеса перед наплавкой проводится при помощи индукционного нагревателя ИПК-250, который представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Установка индукционного подогрева ИПК-250

На наплавочном участке также размещается моечная машина, которая снабжена специализированным устройством очистки обода колеса. Также на участке располагается машина подготовки проволоки и печь для прокалики флюса.

2.3 Описание операций технологического процесса

Предварительно выполняют оприходование колесной пары, которой присваивают порядковый номер, наносят номер на колесную пару при помощи мела, надпись делают на диске колеса с его внутренней стороны.

Далее проводят внешний осмотр, при котором определяют наличие или отсутствие трещин и ослабление ступицы на подступичной части оси. При обнаружении таких дефектов пара признаётся негодной для восстановления и подлежит утилизации.

Далее проводят очистку колёсных пар до металлического блеска. После промывки пары проводят ещё один внешний осмотр и обмер с целью выявления характера и величины износа. По результатам обмера колесной пары принимается решение о способе её восстановления.

Далее проводится обточка поверхности колёсной пары на токарном станке. Токарной обработке подвергаются внутренняя грань, поверхность катания и гребень.

Непосредственно перед наплавкой следует обезжирить поверхность колёсной пары при помощи бензина. Применять для обезжиривания керосин не допускается.

Температура в помещении, где выполняется восстановительная наплавка колесной пары, должна быть не менее +10 °С. Если колёсная пара поступила в помещение с улицы, где температура была ниже +5 °С, следует провести её вылеживание в течение 12 часов.

После подготовки колёсную пару следует расположить на специализированную оснастку, на которой будет проходить предварительный подогрев. Нагрев одобдьев проводят до температуры 180...190 °С. Интенсивность нагрева должна обеспечивать нагрев до необходимой температуры за 45..60 минут. Об окончании операции предварительного подогрева судят по показаниям контрольных приборов, которые должны фиксировать заданную температуру не менее 3 минут. Если

температура обода колеса к началу наплавки опустилась менее 160 °С, то наплавку выполнять нельзя до момента нагрева колеса до заданной температуры.

После проведения предварительного подогрева колёсную пару подают на установку автоматической наплавки.

При настройке установки располагают мундштук наплавочной горелки в стартовую позицию, включают подачу флюса и привод вращения детали. Далее зажигают дугу и начинают процесс наплавки.

Для поддержания стабильности процесса наплавки выполняют фиксирование показаний вольтметра и амперметра.

В процессе наплавки оператор визуально контролирует формирование наплавленного металла. В случае, если шлаковая корка не отстает, её удаляет оператор. Удаление шлаковой корки можно проводить только после остывания и затвердевания, при этом шлаковая корка должна стать тёмного цвета.

Если произошёл обрыв дуги, необходимо выполнить её повторное возбуждение. При этом колеса проворачивают назад на длину траектории 70...100 мм от места обрыва.

После того, как был выполнен полный оборот колеса, мундштук сварочной горелки смещают в соответствии с раскладкой наплавляемых валиков. В таблице 6 представлено количество наплавляемых валиков в зависимости от параметров колесной пары.

Таблица 7 – Количество валиков в зависимости от особенностей колесной пары

| | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|----|
| Толщина гребня, мм | 20-22 | 23-24 | 25-26 | 27 |
| Количество валиков, шт. | 11-12 | 9 | 8 | 7 |
| Перекрытие валиков, % | 70 | 60 | 40 | 30 |

При наплавке применяется постоянный ток обратной полярности. После того, как была выполнена наплавка, колёсную пару перемещают в термостат, при этом колесную пару опирают на ось. Категорически

запрещено ставить колёсную пару на рельс. Между окончанием наплавки и помещением колесной пары в термостат должно пройти не более 5 минут. Размещение колёсной пары после наплавки в термостате позволяет обеспечить равномерное её остывание. До помещения в термостат следует исключить действие на колёсную пару сквозняков и контакт с металлическими предметами. Скорость остывания колёсной пары в термостате должна быть не выше 50 °С за час. Длительность нахождения колесной пары в термостате должна составлять не менее 6 часов. «Извлечение колесной пары из термостата можно выполнять после её остывания до температуры не выше 50 °С. Ставить колёсную пару на рельсы можно только после её полного остывания до комнатной температуры» [16].

К наплавленному металлу предъявляются следующие требования. Превышение высоты профиля наплавленного металла должно быть 2...3 мм от номинального размера. Переходы между валиками должны иметь плавные очертания. При исходной толщине гребня 33 мм проверку профиля выполняют с применением скобы 32 ВНИИЖТ-Св/02-97. При исходной толщине гребня 30мм проверку профиля выполняют с применением скобы 30 ВНИИЖТ-Св/01-32. После обточки геометрию профиля гребня проверяют с использованием специального шаблона. После обточки и контроля качества колесные пары могут устанавливаться на вагонетку не ранее 24 часов.

Для токарной обработки колёсных пар применяется станок UBE 150N, который представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Токарный станок для обточки колесных пар

Станок UBE 150N является специализированным двухсуппортным. Вкатывание колесной пары и её выкатывание со станка проводят с одной и той же стороны. Работа суппортов происходит в автоматическом режиме и согласованно, что позволяет сформировать симметричный профиль на обоих колёсах. При обточке происходит автоматический контроль геометрии колеса.

Выводы по второму разделу

В настоящем разделе выпускной квалификационной работы решены задачи выбора оптимальных параметров режима автоматической наплавки под флюсом колёсных пар, составлен проектный технологический процесс и спроектировано специализированное оборудование для его осуществления.

В последующих оценочных разделах предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые проявляют себя при реализации проектной технологии восстановительной наплавки колёсных пар. Также следует предусмотреть мероприятия по защите персонала от вредных и опасных производственных факторов. Необходимо рассмотреть вопросы обеспечения пожаробезопасности производства и снижения отрицательного воздействия на окружающую среду.

В экономическом разделе предстоит провести расчёт финансовых затрат на проведение базового и проектного вариантов технологии восстановительной наплавки. На основании этих расчётов следует выполнить калькуляцию заводской себестоимости при проведении работ и рассчитать экономические показатели. Сравнительный анализ этих показателей должен дать обоснование для внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических решений в реальное производство.

3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы

3.1 Описание рассматриваемого технического объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности проведения наплавочных работ при восстановлении колес вагонеток. Проведена экспертная оценка альтернативных способов наплавки, на основании которой для построения проектной технологии принято решение применить автоматическую наплавку под флюсом.

При выполнении операций проектного технологического процесса возможно возникновение негативных производственных факторов, становящихся причиной возникновения рисков для персонала и окружающей среды. Проектный технологический процесс может быть условно разделен на шесть операций, особенности выполнения которых представлены в таблице 8. Такими операциями являются омывка и очистка, предварительный подогрев, наплавка, замедленное охлаждение и обточка. 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.

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» [5], позволяющие устранить или снизить до приемлемого уровня действие негативных производственных факторов.

Таблица 8 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

| Операция | Работник | Оборудование | Материалы |
|----------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| «Омывка и очистка» | Слесарь-сборщик | Машина моечная, станок обточной, щетка металлическая | Моющий раствор, вода техническая, бензин |
| Предварительный нагрев | Электросварщик | Установка индукционного нагрева ИПК-250 | - |
| Восстановительная наплавка | Электросварщик | Источник питания сварочной дуги, горизонтальный вращатель, стойка для наплавки | Наплавочная проволока, флюс, |
| Замедленное охлаждение | Слесарь-сборщик | Термокамера РМ-131 | - |
| Контроль качества | Дефектоскопист | Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль | - |
| Обточка» [6] | Слесарь-сборщик | Станок UBE 150N, шаблон | - |

На основании представленных в таблице 8 особенностей выполнения операций технологического процесса следует провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, предложить средства защиты от них. Дальнейшие работы следует направить в направлении поиска мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта – участок для проведения восстановительной наплавки колес вагонеток.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

Сварочное и наплавочное оборудование является источником повышенной производственной опасности. Работающий персонал находится в условиях постоянного действия опасных и вредных производственных факторов. В таблице 9 представлены результаты идентификации негативных производственных факторов, сопровождающих предлагаемую в настоящей выпускной квалификационной работе восстановительной наплавки колес.

Таблица 9 – Идентификация негативных производственных факторов

| Операция | Возникающий в ходе выполнения операции негативный фактор | Источник возникновения негативного фактора |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Омывка и очистка | <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 | машинка шлифовальная |
| 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 | Резак газопламенный |
| 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 | Источник питания сварочной дуги |
| 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 | Термокамера РМ-131 |
| Контроль качества | <ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны | Ультразвуковой дефектоскоп |
| 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 | Станок UBE 150N, шаблон |

.На первой операции проектного технологического процесса происходит омывка и обточка. 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 двух негативных производственных факторов: опасность поражения электрическим током, опасность получения термических травм от нагретых деталей.

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.

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.

На шестой операции проектного технологического процесса происходит обточка колёсной пары. При её выполнении отмечено два негативных производственных фактора: острые кромки на деталях и движущиеся части машин.

Последующие работы предусматривают поиск технических средств и организационных мероприятий, направленных на снижение производственных рисков, возникающих при проектной технологии.

3.3 Снижение профессиональных рисков

Ранее на основании идентификации негативных производственных факторов проектного технологического процесса выявлено восемь факторов, которые могут послужить причиной возникновения опасности и вреда для здоровья персонала. В таблице 10 представлены стандартные технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит снизить профессиональные риски до приемлемого уровня.

Таблица 10 – Средства и методики снижения профессиональных рисков

| Негативный производственный фактор | Оборудование и мероприятия | Средства индивидуальной защиты |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 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» [5] | 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» [5] | 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» [5] | 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» [5] | защитные экраны, ограждение, ограничение времени работы | специальная одежда |

Таблица 10 позволяет предложить стандартные технические решения и организационные мероприятия, позволяющие эффективно снижать риск от негативных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию. Предлагаемые средства и методики не требуют проведения специальных изыскательных и проектировочных работ.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При выполнении ремонтной наплавки деталей машин повышается риск пожаров по сравнению с другими технологическими процессами. Возникновение пожара при наплавке может произойти не только по причине наличия дуги и брызг расплавленного металла, но и по причине некорректной работы термического оборудования и замыкания в электрических сетях. 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 11» [5].

Таблица 11 – Класс и опасные факторы пожара на рассматриваемом техническом объекте

| | |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назначение технологического участка | Проведение восстановительной наплавки колес вагонеток |
| Наименование оборудования | Источник питания, газовое, термическое и зачистное оборудование, кантователь детали |
| Классификация по виду горящего вещества | «пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е) |
| 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» [5] |

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 12. Организационные мероприятия, направленные на устранение негативных факторов пожаров, представлены в таблице 13.

Таблица 12 – 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» [5] | Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели |

Таблица 13 – Организационные мероприятия по устранению негативных факторов пожара

| | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование производственного участка | Участок ремонтной наплавки колес вагонеток |
| 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 |

Для снижения вероятности возникновения пожара необходимо поддерживать трудовую и производственную дисциплину. С персоналом следует проводить инструктаж на предмет предупреждения возникновения пожаров и первичного тушения пожаров. Производственный участок должен быть снабжен речевыми, световыми и звуковыми оповещателями, которые обеспечат своевременное информирование персонала в случае возникновения внештатных ситуаций. Для исключения человеческих жертв необходимо прорабатывать с персоналом вопрос поведения в случае возникновения внештатных ситуаций.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Современное производство классифицируется не только эффективностью использования материальных и энергетических ресурсов, но и бережным отношением к окружающей среде. Особенности отрицательного влияния проектной технологии на атмосферу, гидросферу и литосферу представлены в таблице 14. Предлагается ряд организационных мероприятий и технические средства, применение которых позволяет снизить

отрицательное воздействие производственного участка на окружающую среду. Предлагаемые решения представлены в таблице 15.

Таблица 14 – Негативные антропогенные факторы на окружающую среду при реализации проектной технологии восстановительной наплавки

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование анализируемого технологического процесса | Ремонтная наплавка деталей колес вагонеток |
| Наименование операций технологического процесса, в ходе которых возникает негативное антропогенное воздействие | Подготовка дефектного места, предварительный подогрев, восстановительная наплавка, замедленное охлаждение, контроль качества |
| 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 15 – Организационные мероприятия и технические средства для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «Наименование технического объекта | Участок ремонтной наплавки колес вагонеток |
| 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» [5] | «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» [5] |

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 предложены решения по повышению эффективности технологии восстановительной наплавки колёс вагонеток. На основании анализа особенностей износа колёсных пар принято решение об экономической целесообразности и технической возможности их восстановления с применением одного из четырёх способов: ручная дуговая наплавка, наплавка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения, наплавка под слоем флюса, электрошлаковая наплавка. В исполнительском разделе выпускной квалификационной работы решены задачи выбора оптимальных параметров режима автоматической наплавки под флюсом колёсных пар, составлен проектный технологический процесс и спроектировано специализированное оборудование для его осуществления.

Базовый вариант технологии предусматривает применение ручной дуговой наплавки штучными электродами, которая характеризуется высокой утомляемостью сварщика, низкой производительностью и стабильностью качества работ.

По сравнению с базовым вариантом технологии выполнены изменения, которые должны повысить экономическую эффективность предприятия, которая должна быть доказана в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Автоматическая наплавка под слоем флюса, которая предлагается в проектной технологии, позволяет повысить производительность и качество выполняемых работ по восстановлению деталей машин. Исходные данные по вариантам приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные для экономического обоснования

| «Экономический показатель | Обозначение показателя | Единица | Значение экономического показателя применительно к | |
|------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|----------------------|
| | | | Базовая технология | Проектная технология |
| Число рабочих смен в сутках | $K_{см}$ | - | 1 | 1 |
| Разряд работников | P_p | - | V | V |
| 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 | $Ц_{об}$ | руб. | 400 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 | m^2 | 60 | 60 |
| Стоимость эксплуатации площадей | $C_{эксп}$ | (Р/ m^2)/год | 2000 | 2000 |
| Цена производственных площадей | $Ц_{пл}$ | 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» [11] | $K_{зав}$ | - | 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 $T_p=1$ час. Количество предпраздничных дней принимается равным $D_p=7$ дней. С использованием исходных параметров производит расчёт годового фонда времени работу оборудования по формуле:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_p \cdot T_p) \cdot K_{см} . \quad (8)$$

После подстановки в формулу (8) 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:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (9)$$

После подстановки в формулу (9) 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» [11]. 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:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (10)$$

После подстановки в формулу (10) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии, взятых и аналитического и исполнительского разделов выпускной работы, получены следующие значения штучного времени: $t_{шт.баз} = 2 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 2,42$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,48$ час. Объём годовой программы Π_r зависит от объёма эффективного годового фонда времени работы оборудования F_3 и штучного времени $t_{шт}$ по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Pi_r = F_3 / t_{шт} . \quad (11)$$

После подстановки в (11) исходных значений для рассматриваемых вариантов $\Pi_{г.баз.} = 2054/2,42 = 848$ и $\Pi_{г.пр.} = 2054/0,48 = 4280$. С учётом потребности отрасли принимаем $\Pi_r=800$ 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 $K_{вн} = 1,03$ » [11]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_T / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (12)$$

После подстановки в формулу (12) исходных значений, получаем для базового и проектного вариантов технологии количество оборудования $n_{расч} = 2,42 \cdot 800 / (2054 \cdot 1,03) = 0,9$ и $n_{расч} = 0,48 \cdot 800 / (2054 \cdot 1,03) = 0,18$.

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:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (13)$$

При подстановке в формулу (13) исходных значений для базового варианта технологии получено $K_з = 0,9/1 = 0,9$; для проектного варианта технологии получено $K_з = 0,18/1 = 0,18$.

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

При выполнении операций технологического процесса по проектному варианту и по базовому варианту происходит расходование материалов. При выполнении технологического процесса по базовом варианту в качестве расходуемых материалов выступают штучные электроды. При выполнении технологического процесс по проектному варианту в качестве расходуемых материалов выступает флюс 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 H_p » [11]:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (14)$$

На основании данных аналитического и исполнительского разделов настоящей выпускной квалификационной работы с использованием формулы (14) получены значения расхода на материалы по базовому варианту составляет $M=345 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 1630$ рублей; расход на материалы по проектному варианту $M=150 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 + 39 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 628$ рублей.

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

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_d . \quad (15)$$

После подстановки в (15) исходных значений расчётная величина фонда основной заработной платы составляет для базового варианта технологического процесса $Z_{осн} = 2,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 910$ рублей и для

проектного варианта технологического процесса $Z_{\text{осн}} = 0,48 \cdot 200 \cdot 1,88 = 180$ рублей» [11].

«Объем 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» [11]:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (16)$$

«При подстановке данных в формулу (16) дополнительная заработная плата по базовому варианту технологии составляет $Z_{\text{доп}} = 910 \cdot 12 / 100 = 109$ рублей и по проектному варианту технологии $Z_{\text{доп}} = 180 \cdot 12 / 100 = 22$ 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 $\text{ФЗП} = 910 + 109 = 1019$ рублей. Для проектного варианта технологии фонд заработной платы рассчитывается как $\text{ФЗП} = 180 + 22 = 202$ 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» [11]:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (17)$$

После подстановки данных в (17) для базового варианта технологического процесса отчисления на социальные нужды составили значение $O_{\text{сн}} = 1019 \cdot 34 / 100 = 347$ рублей. Отчисления на социальные нужды для проектного варианта технологи составили $O_{\text{сн}} = 202 \cdot 34 / 100 = 69$ 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 $P_{\text{э}}$ по формуле:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (18)$$

«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 F_3 » [11]:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100} . \quad (19)$$

После подстановки в формулу (12) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии расчётная величина $A_{об}$ составила для базовой технологии $A_{об.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 2,42 / 2054 / 100 = 197$ рубля и для проектной технологии $A_{об.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 0,48 / 2054 / 100 = 60$ рублей.

«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 $C_{э}$ и коэффициента полезного действия КПД» [11]:

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{э} / \text{КПД} . \quad (20)$$

После подстановки значений в формулу (20) расходы на электрическую энергию по базовому варианту составляют $P_{э} = 12 \cdot 2,42 \cdot 3,4 / 0,7 = 125$ рублей. Расходы на электрическую энергию по проектному варианту составляют $P_{э} = 40 \cdot 0,48 \cdot 3,4 / 0,85 = 68$ рублей.

После подстановки значений в формулу (18) величина затрат на оборудование по базовому варианту составила $Z_{об} = 197 + 125 = 322$ рублей. Затраты на оборудование по проектному варианту $Z_{об} = 60 + 68 = 128$ рублей.

«Технологическая себестоимость $C_{тех}$ рассчитывается по величине затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$. Величина $C_{тех}$ определяется по формуле» [11]:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об} . \quad (21)$$

При подстановке в формулу (14) значений размер технологической себестоимости для базового варианта составил $C_{тех} = 1630 + 1019 + 347 + 322$

= 1439 рублей, для проектного варианта $C_{\text{тех}} = 628 + 202 + 69 + 128 = 743$ 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» [11]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (22)$$

При подстановке значений в формулу (22) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{цех}} = 3318 + 1,5 \cdot 910 = 3318 + 1365 = 4683$ рублей. Для проектного варианта технологии $C_{\text{цех}} = 1027 + 1,5 \cdot 180 = 1027 + 270 = 1297$ 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» [11]:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (23)$$

При подстановке значений в формулу (23) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{зав}} = 4683 + 1,15 \cdot 910 = 4683 + 1046 = 5729$ рублей. Для проектного варианта технологии $C_{\text{зав}} = 1297 + 1,15 \cdot 180 = 1297 + 207 = 1504$ рублей.

В ходе проведённых экономических расчётов установлено, что величина заводской себестоимости при выполнении работ по проектной технологии с применением предлагаемых технических решений, значительно меньше заводской себестоимости при проведении работ по базовой технологии. Снижение заводской себестоимости происходит по причине повышения производительности труда и повышения эффективности расходования материалов и энергии.

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» [11]:

$$\Pi_{об.б.} = \Pi_{перв.} - (\Pi_{перв.} \cdot T_{сл} \cdot N_a / 100). \quad (24)$$

После подстановки в формулу (24) известных значений может быть рассчитана остаточной стоимости оборудования, которое было задействовано для реализации операций базового технологического процесса $\Pi_{об.б.} = 400000 - (400000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 71000$ 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» [11]:

$$K_{общ. б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} \quad (25)$$

После подстановки в формулу (25) известных значений величина капитальных затрат по базовому варианту $K_{общ. б.} = 1 \cdot 142000 \cdot 0,90 = 127800$ 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:

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{пл. пр.} + K_{соп.} \quad (26)$$

Капитальные затраты на оборудование будут рассчитаны с учётом цены оборудования для выполнения операций проектного технологического

процесса $\Pi_{об. пр.}$, коэффициента загрузки оборудования $K_з$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}=1,05$:

$$K_{об. пр.} = \Pi_{об. пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп}. \quad (27)$$

После подстановки в формулу (27) значений расчётная величина капитальных затрат на оборудование по проектному варианту составила $K_{об. пр.} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,18 = 226800$ 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 определяются по его остаточной стоимости $\Pi_{об. б.}$ через коэффициент расходов на демонтаж $K_{дем} = 0,05$:

$$P_{дем} = \Pi_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (28)$$

После подстановки в формулу (28) значений величина расходов на демонтаж составила $P_{дем} = 1 \cdot 400000 \cdot 0,05 = 20000$ рублей.

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

$$P_{монт} = \Pi_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (29)$$

После подстановки в формулу (29) значений величина расходов на монтаж составила $P_{монт} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000$ рублей.

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

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (30)$$

После подстановки значений в формулу (23) размер сопутствующих расходов составил $P_{соп} = 20000 + 60000 = 80000$ рублей.

Общие капитальные затраты $K_{общ. пр.}$, рассчитываемые по формуле (30), составили $K_{общ. пр.} = 226800 + 80000 = 306800$ 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:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б}} \quad (31)$$

При подстановке в формулу (31) известных значений дополнительные капитальные вложения составили $K_{\text{доп}} = 306800 - 127800 = 179000$ рублей.

Удельные капитальные вложения вычисляем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$ по формуле:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{г}} \quad (32)$$

При подстановке в формулу (32) известных значений размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по базовому варианту составил $K_{\text{уд}} = 127800/800 = 160$ рублей. Размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по проектному варианту составил $K_{\text{уд}} = 306800/800 = 384$ 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 $\Pi_{\text{т}}$, 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 $\mathcal{E}_{\text{г}}$ » [11].

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б}} - t_{\text{шт пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б}} . \quad (33)$$

При подстановке значений в формулу (33) рассчитываем величину снижения трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}} = (2,42 - 0,48) \cdot 100 \% / 2,42 = 80 \%.$

«Повышение производительности труда Π_T рассчитывается исходя из ранее определённого значения снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ по формуле» [11]:

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}). \quad (34)$$

При подстановке значений в формулу (34) рассчитываемая величина повышения производительности труда составляет $\Pi_T = 100 \cdot 80 / (100 - 80) = 400 \%.$

«Размер снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается по ранее определённым значениям технологической себестоимости в проектном $C_{\text{тех.пр.}}$ и базовом $C_{\text{тех.б.}}$ вариантах технологии по формуле» [11]:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100 \% / C_{\text{тех.б.}} . \quad (35)$$

При подстановке значений в формулу (35) снижение технологической себестоимости составляет $\Delta C_{\text{тех}} = (5729 - 1504) \cdot 100 \% / 5729 = 74 \%.$

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

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б}} - C_{\text{зав.пр}}) \cdot \Pi_T . \quad (36)$$

При подстановке в формулу (36) ранее определённых значений величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (5729 - 1504) \cdot 800 = 3380000$ рублей.

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

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг}. \quad (37)$$

При подстановке в формулу (37) значений расчётная величина срока окупаемости составляет $T_{ок} = 306800 / 3380000 = 0,1$ года.

«Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$ рассчитывается с учётом условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{уг}$, дополнительных капитальных вложений $K_{доп}$ и коэффициента окупаемости E_n по формуле» [11]:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (38)$$

При подстановке в формулу (38) известных значений величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_г = 3380000 - 0,33 \cdot 368000 = 3260000$ рублей.

Выводы по экономическому разделу

«При выполнении экономического раздела настоящей выпускной квалификационной работы выполнен расчёт основных экономических показателей производства при реализации проектной и базовой технологии» [11]. Установлено, что внедрение в производство предлагаемых решений позволяет снизить трудоемкость на величину $\Delta t_{шт} = 80\%$ и повысить производительность труда на $P_t = 400\%$. Внедрение прогрессивных технологий позволяет более эффективно расходовать трудовые, материальные и энергетические ресурсы предприятия, что позволяет снизить технологическую себестоимость на величину $\Delta C_{тех} = 74\%$. При этом условно-годовая экономия составляет $\mathcal{E}_{уг} = 3,38$ млн. рублей. С учётом капитальных вложений окупаемость предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений составляет $T_{ок} = 0,1$ года. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет $\mathcal{E}_г = 3,26$ 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

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности проведения наплавочных работ при восстановлении колес вагонеток.

На основании анализа особенностей износа колёсных пар принято решение об экономической целесообразности и технической возможности их восстановления с применением одного из четырёх способов: ручная дуговая наплавка, наплавка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения, наплавка под слоем флюса, электрошлаковая наплавка.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа принято решение для построения проектной технологии применить автоматическую наплавку под флюсом.

Решены задачи выбора оптимальных параметров режима автоматической наплавки под флюсом колёсных пар, составлен проектный технологический процесс и спроектировано специализированное оборудование для его осуществления.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, которые проявляют себя при реализации проектной технологии восстановительной наплавки колёсных пар. Предложены мероприятия по защите персонала от вредных и опасных производственных факторов. Рассмотреть вопросы обеспечения пожаробезопасности производства и снижения отрицательного воздействия на окружающую среду. Предложены мероприятия по нейтрализации рассмотренных негативных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,26 млн. рублей.

На основании вышеизложенного поставленная цель выпускной квалификационной работы должна признаваться достигнутой. Результаты работы предлагаются к реализации на профильных предприятиях отрасли.

Список используемой литературы и используемых источников

1. 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.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
3. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
4. Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Малинов Л. С. Опыт применения электродуговой наплавки порошковой проволокой на предприятиях Украины // Автоматическая сварка. 2016. № 9. С. 37–41.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИИ, 2000. 68 с.
6. 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.
7. Иванов В. П. Выбор способа восстановления деталей // Наука и техника. 2016. № 1. С. 9–17.
8. Колосков М. М., Долбенко Е. Г., Каширский Ю. В. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 2001. 672 с.
9. 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.

10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
12. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2016. № 3. С. 25–30.
13. Лендел И.В., Максимов С. Ю., Лебедев В. А. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 2015. № 5–6. С. 46–48.
14. Малинов Л. С., Малинов В. Л. Марганецсодержащие наплавочные материалы // Сварочное производство. 2001. № 8. С. 34–36.
15. Малинов Л. С., Чейлях А. П., Харланова Е. Я. Выбор состава хромомарганцевой стали с метастабильным аустенитом в качестве основы наплавочного материала // Известия ВУЗ. Черная металлургия. 1994. № 8. С. 45–46.
16. Матвеев В. В. Экономическая эффективность восстановления профиля железнодорожных колёс // Автоматическая сварка. 2006. № 4. С. 44–47.
17. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.
18. Патент РФ № 2041785. Способ восстановления гребней вагонных колес / Родионов Ю.С., Козубенко И.Д., Рассоха А.И., Бызова Н.Е. МКИ В23Р6/00. 1995
19. Патент РФ № 2124974. Способ восстановления колесных пар железнодорожного подвижного состава и установка для его осуществления / Соловьев П.Н., Дмитренко В.Н., Дмитренко Г.В., Лазебный А.С., Карпенко В.Н. МКИ В23К9/04. 1999

20. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

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