

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование восстановления колёс
шахтных вагонеток

Студент

А.Л. Жданов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Одним из расходных материалов при эксплуатации вагонетки является колёсная пара. При капитальном ремонте вагонеток заменяют изношенные колесные пары. При этом количество таких пар за год может составлять несколько сотен. Для продления их срока службы целесообразно производить их восстановление.

Поставленная цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при восстановлении колёс грузовых вагонеток.

В выпускной квалификационной работе решались следующие задачи:

1. Разработать технологический процесс ремонтной наплавки колёсных пар вагонов.

2. Разработать специализированное оборудование и подобрать стандартное оборудование для осуществления предложенной технологии.

3. Произвести экономическую экспертизу предложенных в проекте решений на предмет эффективности их применения в производстве.

4. Произвести анализ опасных и вредных факторов, сопровождающих предложенную технологию, и предложить меры по защите от них.

5. Произвести анализ полученных в проекте технических решений на предмет возможности их защиты в виде интеллектуальной собственности.

Были проанализированы опасные и вредные факторы, сопровождающие предлагаемую технологию, предложены меры защиты от них.

Проведённые экономические расчёты позволили установить, что эффект от внедрения предлагаемой технологии составит 7,555 млн. рублей при увеличении производительности наплавки почти в 7 раз. Это позволило сделать вывод о достижении цели проекта.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния вопроса сварки ремонтной наплавки колёс вагонеток	7
1.1 Конструкция изделия и условия работы	7
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Характеристика износа колёс вагонеток	14
1.4 Выбор способа восстановительной наплавки	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 Проектная технология восстановительной наплавки	23
2.1 Выбор и расчет режима наплавки	23
2.2 Выбор сварочных материалов	25
2.3 Описание оборудования для наплавки	27
2.4 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки	29
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	34
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	36
3.6 Заключение по разделу	37
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	38
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	40

4.3 Расчет штучного времени	41
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	45
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	52
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	56
Заключение по экономическому разделу	58
Заключение	60
Список используемой литературы	61

Введение

В настоящее время сохраняют свою актуальность вопросы восстановления и упрочнения деталей машин. Главной задачей реновации является восстановление рабочего ресурса изделия и повышения качества поверхности для дальнейшего использования. В материально-техническом производстве, на данный момент, значительная роль отводится транспортному машиностроению, перед которым остро стоит задача широкого внедрения во всех областях автоматизации и механизации.

Несоблюдение заданных значений параметров режима технологического процесса и их выход за допустимые пределы вызывает получение брака деталей. Особенно остро эта проблема стоит при составлении технологии ремонта деталей машин, вследствие чего не всегда удается достичь требуемого уровня качества восстановленных деталей.

Многочисленные исследования процесса наплавки [1...7] позволили проанализировать причины возникновения дефектов и предложить рекомендации по предотвращению дефектов при восстановлении деталей машин.

Как показывает опыт построения современного производства, одна тонна готовой продукции требует 10...100 тонн сырья, которое перемещается транспортными средствами, в том числе, вагонетками.

Условия работы рудничного железнодорожного транспорта характеризуются как крайне неблагоприятные и приводящие к интенсивному износу его деталей и узлов. Это происходит из-за динамических нагрузок, наличия абразивной пыли и повышенной влажности. Наибольшему износу подвергается ходовая часть транспорта, а именно – колесные пары и подвеска.

Из-за больших статических и динамических нагрузок, которые возникают в условиях эксплуатации колёсной пары, возникают различные

дефекты. В процессе эксплуатации колёсная пара испытывает статические и динамические нагрузки.

Одним из расходных материалов при эксплуатации вагонетки является колёсная пара. При капитальном ремонте вагонеток заменяют изношенные колесные пары. При этом количество таких пар за год может составлять несколько сотен. Для продления их срока службы целесообразно производить их восстановление.

На предприятии «Оленегорский горнообогатительный комбинат» проводится разработка Зимандровского месторождения, расположенного на Кольском полуострове в районе посёлка Оленегорск. При этом происходит износ до 3000 колёсных пар в год, которые требуют восстановления. Попытки применить восстановление с использованием ручной дуговой сварки покрытыми электродами окончились неудачно – низкая производительность и качество выполняемых работ не могли быть приняты.

Качество и эффективность ремонта во многом зависит от исполнителей и организаторов производства в колёсных цехах, от их знаний передовой технологии и профессионализма.

На основании практического опыта можно заключить, что возникновение дефектов наплавки наблюдается при отклонениях от установленных значений параметров режимов наплавки. В соответствии с результатами проведённых исследований [1–6] можно выделить основные причины, которые вызывают дефекты при проведении наплавочных работ. Такими причинами являются: низкое качество подготовки материалов и поверхности восстанавливаемой детали; неправильный выбор наплавочных материалов; нарушение технологии наплавки; неправильное назначение параметров режима наплавки.

Таким образом, актуальной будет цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при восстановлении колёс грузовых вагонеток.

1 Анализ современного состояния вопроса сварки ремонтной наплавки колёс вагонеток

1.1 Конструкция изделия и условия работы

Шахтные (рудничные) вагонетки грузовые (рис. 1.1) применяются на предприятиях горнодобывающей промышленности, предназначены для транспортирования горной массы по подземным откаточным выработкам и на промышленных площадках шахт. Разгрузка шахтных вагонеток с глухим кузовом осуществляется круговыми опрокидывателями.

Грузовые вагонетки в зависимости от способа разгрузки бывают с глухим кузовом (разгружаются с помощью опрокидывателей), опрокидные (кузов при разгрузке опрокидывается на бок), с откидными днищами (разгружаются при открывании днища) и с откидной боковой стенкой. На угольных шахтах применяют вагонетки с глухим кузовом и с откидными днищами. Наибольшее распространение получили вагонетки с глухим кузовом. На горнорудных шахтах применяют вагонетки с опрокидным и глухим кузовом и с откидной боковой стенкой. В последние годы для перевозки горной массы начинают применять секционные поезда, составляемые из отдельных секций с донной разгрузкой.

Грузовые вагонетки состоят из следующих узлов: кузов, рама, буфер, полускат, сцепное устройство. Для нас интерес представляет полускат.

Полускаты состоят из оси и двух колес, Колеса насаживают на ось свободно на двух шарико- или роликоподшипниках. На малогрузных вагонетках применяют шарикоподшипники, а на большегрузных – конические роликоподшипники. Колеса изготавливают из стального литья.

Обод колеса проточен слегка на конус для центрирования вагонетки в рельсовой колее. Уплотнение подшипников на колесах осуществляется лабиринтом и уплотняющим кольцом. Шарикоподшипники смазывают с помощью шприца через отверстия, закрытые резьбовой пробкой. Полускаты

соединяют с рамой вагонетки жестко или резиновыми пружинными амортизаторами.

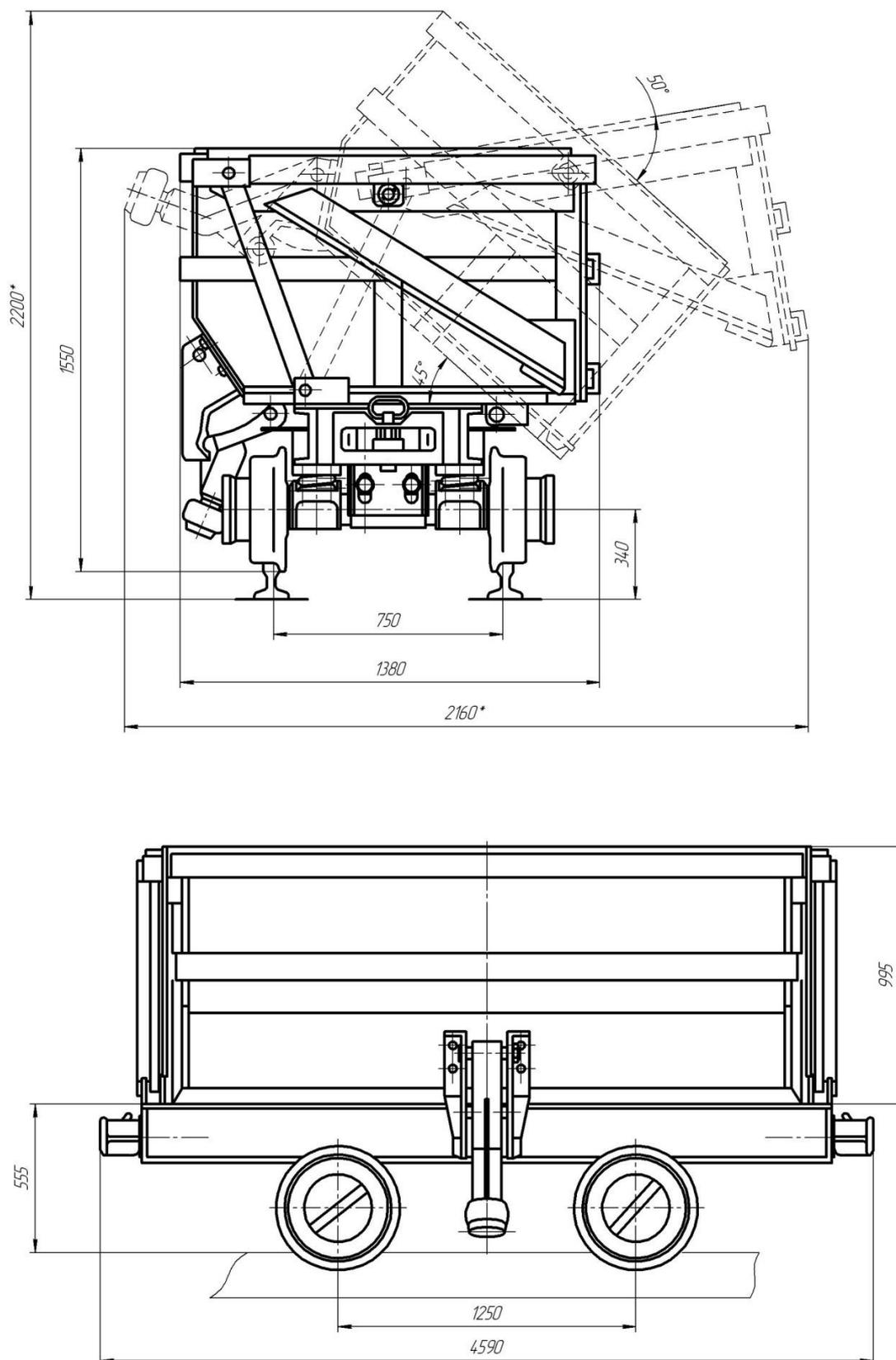


Рисунок 1.1 – Общий вид грузовой вагонетки

Таблица 1.1 – Технические характеристики вагонеток

	ВГ 1,3	ВГ 5,5 (2,2)	ВГ 4,5А	ВГ 9,0А	ВГ 10	ВГ 30
Геометрическая емкость кузова, м ³ , не более	1,3	2,2+0,1	4,5+0,2	9,0+0,4	10	12,0+0,5
Грузоподъемность, тс	3,2	5,5	13,5	27	25	30
Колея, мм	600	600; 750	750; 900	750; 900	750; 900	750; 900
Диаметр колеса по ободу катания, мм	300	400	400	400	400	400
Тип сцепки	крюковая вращающаяся	звеньевая вращающаяся	звеньевая вращающаяся	звеньевая вращающаяся	штыревая вращающаяся	звеньевая вращающаяся
Высота оси сцепки от уровня головки рельса, мм	320	365	365	365	450	365
Жесткая база (расстояние между осями колесных пар), мм	550	1000	1250	4000	4000	3750

В качестве ходовой части шахтных грузовых вагонеток типа ВБ-4,0; ВГ-4,5; ВГ-9,0; ВГ-10,0 применяется унифицированная колёсная пара (рис. 1.2). Состоит из двух колес 1, установленных на ось 2 на конических роликоподшипниках №7520А и №7522 ГОСТ 333-71.

Колеса изготовлены из марганцовистой стали, поверхность катания и внутренние поверхности реборды для увеличения износостойкости подвергнуты поверхностной закалке.

Уплотнение подшипников с внутренней стороны осуществляется лабиринтным кольцом 3, а с наружной – крышкой 4 и стопорной планкой 5. Колеса крепятся к оси корончатой гайкой 6, обеспечивающей затяжку и регулировку подшипников. Рассчитана на нагрузку 7500кг.

Таблица 1.2 – Технические характеристики унифицированных колёсных пар

Обозначение	L, мм	l, мм	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

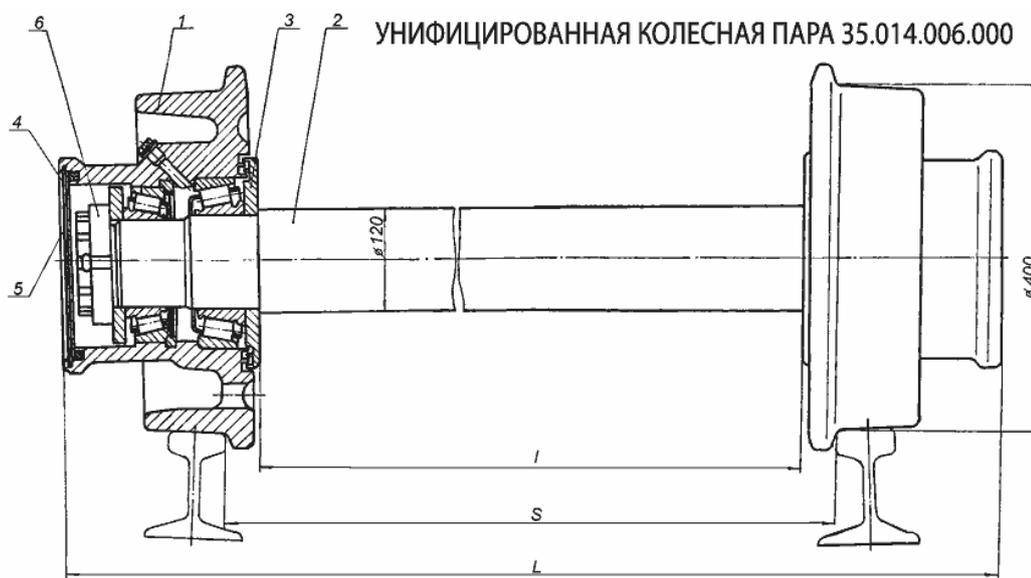


Рисунок 1.2 – Унифицированная колёсная пара

Каждая вагонетка, которая поступает в работу, должна быть зарегистрирована. Для этого ведётся специальный журнал регистрации вагонеток, а саму вагонетку снабжают инвентарным номером. Хранение резервных вагонеток осуществляется под навесом, при этом вагонетки укладывают вверх колёсами на деревянные подкладки. Вагонетки проходят ежедневный осмотр дежурным слесарем, в результате осмотра происходит отбор вагонеток для проведения внеочередного ремонта. Каждые 12 месяцев вагонетки проходят текущий ремонт, который выполняется в мастерской. При текущем ремонте вагонеток проводят следующие работы: наварку заплаток при возникновении пробоин, сварку швов кузовов, смазку подшипниковых узлов, правку деформированных кузовов, ремонт сцепок.

При проведении капитального ремонта производят замену изношенных колесных пар, буферного и сцепного устройств. Если у вагонетки кузов

деформирован, то выполняют её списание, разборку и снятие ходовой части, которую в дальнейшем используют для ремонта других вагонеток. Прошедшая ремонт вагонетка подвергается испытаниям на ходовые качества, в ходе которых особо проверяется корректность работы сцепного устройства.

Каждую смену дежурный слесарь проводит контроль состояния реборд и обода катания колес вагонеток.

1.2 Сведения о материале изделия

Условия работы колёс вагонеток характеризуются высокими напряжениями в контакте «колесо-рельс». Исходя из этого, колёса вагонеток должны изготавливаться из стали, имеющей повышенную износостойкость и контактную прочность, поэтому содержание углерода в такой стали может достигать до 0,55...0,65%. Эксплуатируемые в настоящее время колеса изготовлены из высокопрочных марок сталей: 35ГЛ...65ГЛ, 25Л...55Л, 40Х и 45

Наибольшее распространение получили колеса из стали 40Х

Сталь марки 40Х (ГОСТ4543-71) является конструкционной легированная сталью, процентное содержание элементов приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Процентное содержание элементов в стали 40Х

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Медь
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

Заменителями стали **40Х** могут быть стали марок 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР. Зарубежными аналогами стали 40Х являются: в Китае – сталь ML 40 Cr (GB 5067-85, 8162-87, 11251-89); в США – сталь 5140 (SAE J

404, AISI); в Германии – сталь 41Cr4 (DIN17204); в Японии – сталь S Cr4 (JIS G 4104).

Сталь 40X может быть отнесена к 4 группе по свариваемости – трудносвариваемая. В сварных конструкциях из этой стали высокая вероятность получения трещин. Сварка стали 40X возможна с применением ручной дуговой сваркой, электрошлаковой сваркой и контактной точечной сварки. При сварке стали 40X необходим предварительный подогрев.

Сталь 40X обладает следующими полезными свойствами:

- высокие эстетические и декоративные качества
- устойчивость к резким перепадам температур;
- высокая механическая прочность;
- пониженная чувствительность к коррозии.

Анализ свариваемости стали 40X позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1.1)$$

После расчёта величины эквивалента углерода следует провести анализ его значения. Если значение эквивалента углерода не превышает 0,25, то рассматриваемая сталь может быть отнесена к хорошо свариваемым. При значениях эквивалента углерода в пределах 0,25...0,35 рассматриваемую сталь можно отнести к удовлетворительно сваривающимся. При сварке таких сталей повышается вероятность образования холодных трещин, поэтому может потребоваться предварительный подогрев изделия. Если значение эквивалента углерода находится в диапазоне 0,35...0,45, то рассматриваемая сталь может быть отнесена к ограниченно сваривающимся сталям. При сварке таких сталей высокая вероятность получения закалочных структур,

возникновения холодных трещин. Сварка таких сталей должна сопровождаться специальными технологическими приемами.

1.3 Характеристика износа колёс вагонеток

В процессе движения гружённой вагонетки по рельсовому пути колёсные пары подвергаются действию комплекса сил и интенсивному износу. Под действием этих факторов в колёсных парах периодически возникают неисправности. Эти неисправности колёсных пар могут быть подразделены следующим образом: трещины, износ и излом.

Самым часто встречающимся является износ колёсных пар вагонеток (рис. 1.3).

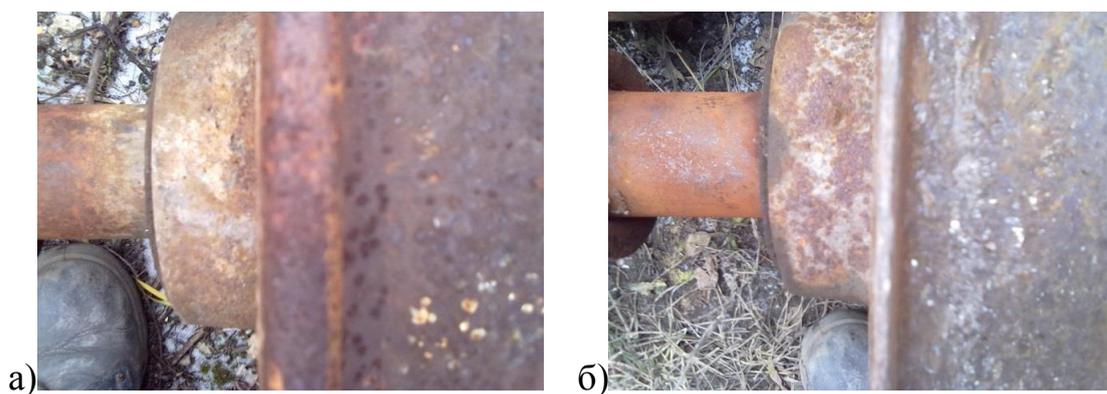


Рисунок 1.3 – Фото колеса вагонетки без износа (а) и с износом (б)

В результате **равномерного кругового износа** (рис. 1.4, а) из-за взаимодействия колеса и рельса возникает прокат h поверхности катания колеса в плоскости круга катания. При катании колеса относительно рельса происходит смятие волокон металла. При торможении проскальзывании колёс происходит истирание металла

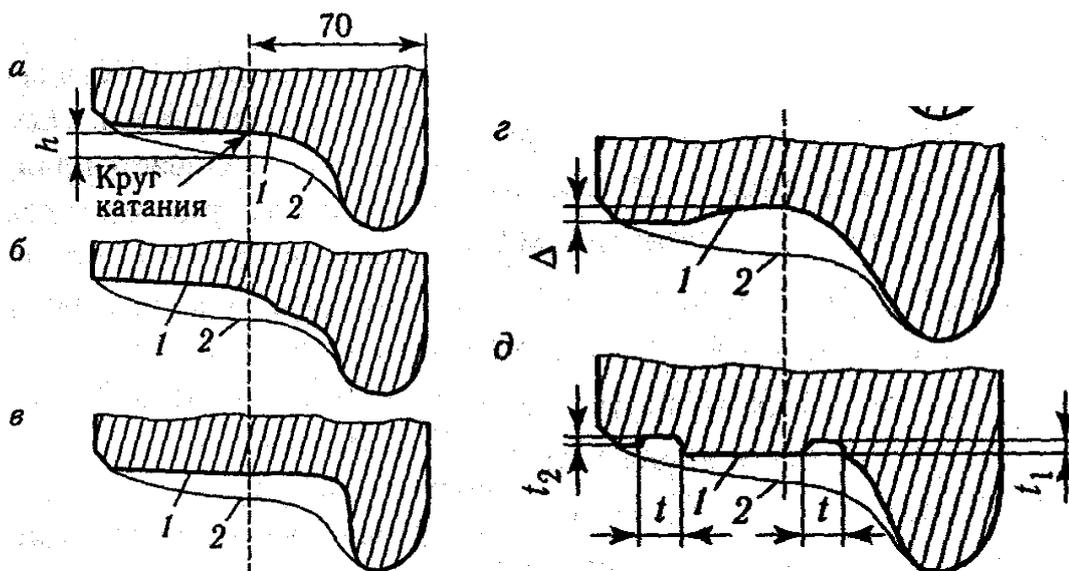
При **ступенчатом прокате** (рис. 1.4, б) наблюдается неравномерный по профилю круговой износ, который выглядит в виде ярко при котором на поверхности катания образуется ярко выраженная ступень. Эта ступень образуется вследствие неправильно установленной колёсной пары на

тележку, несимметричной посадки колес на ось или большой разницы диаметров колёс на одной оси. Если на колесной паре обнаружен ступенчатый прокат, то эксплуатация такой колёсной пары должна быть прекращена.

Причиной **равномерного износа гребня** (рис. 1.4, в) является взаимодействие головки рельса и гребня колеса. Износ гребня усиливается, если происходит нарушение нормальной работы колесной пары. Это может быть следствием большой разницы диаметров колес на одной колесной паре, неправильной установки колесной пары в вагонетке, нарушения симметрии при посадке колес на ось вагонетки. Интенсивный износ гребня наблюдается также при сужении рельсовой колеи.

При **седлообразном прокате** (рис. 1.4, г) наблюдается неравномерный по поперечному профилю круговой износ. В этом случае на самой поверхности катания наблюдается образования вогнутой внутрь седловина.

При **кольцевых выработках** (рис. 1.4, д) происходит образование на поверхности катания колеса кольцевых углублений, которые могут иметь различную ширину и глубину. Причиной образования кольцевых выработок является взаимодействие колесных пар тормозными колодками.



1 – профиль изношенного колеса; 2 – профиль неизношенного колеса

Рисунок 1.4 – Виды износа поверхности катания колес

1.4 Выбор способа восстановительной наплавки

Восстановительная наплавка изделия может быть выполнена с применением различных способов наплавки:

- ручной дуговой наплавки штучными электродами;
- наплавкой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- наплавкой под флюсом;
- электрошлаковой наплавкой.

Самым простым и давно используемым способом наплавки можно считать ручную дуговую наплавку штучными электродами (рис. 1.5).

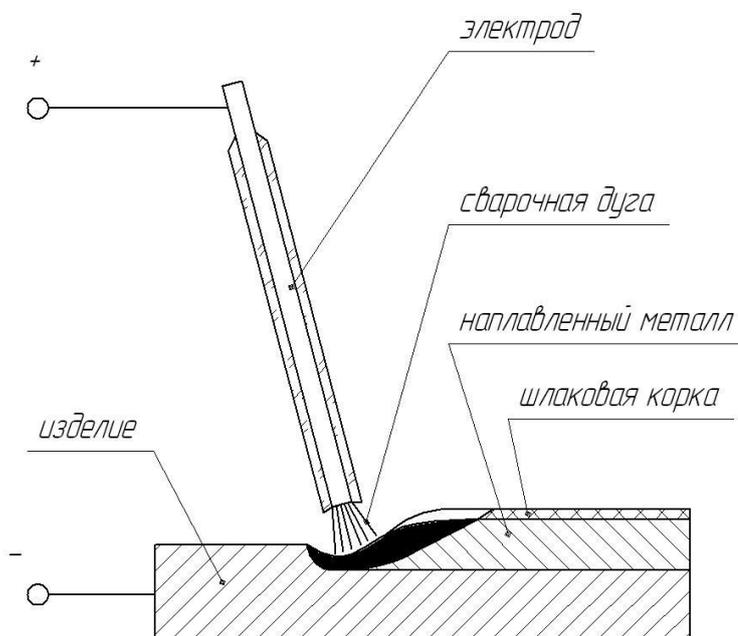


Рисунок 1.5 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки штучными электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд

недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

Наплавка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 1.6) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться.

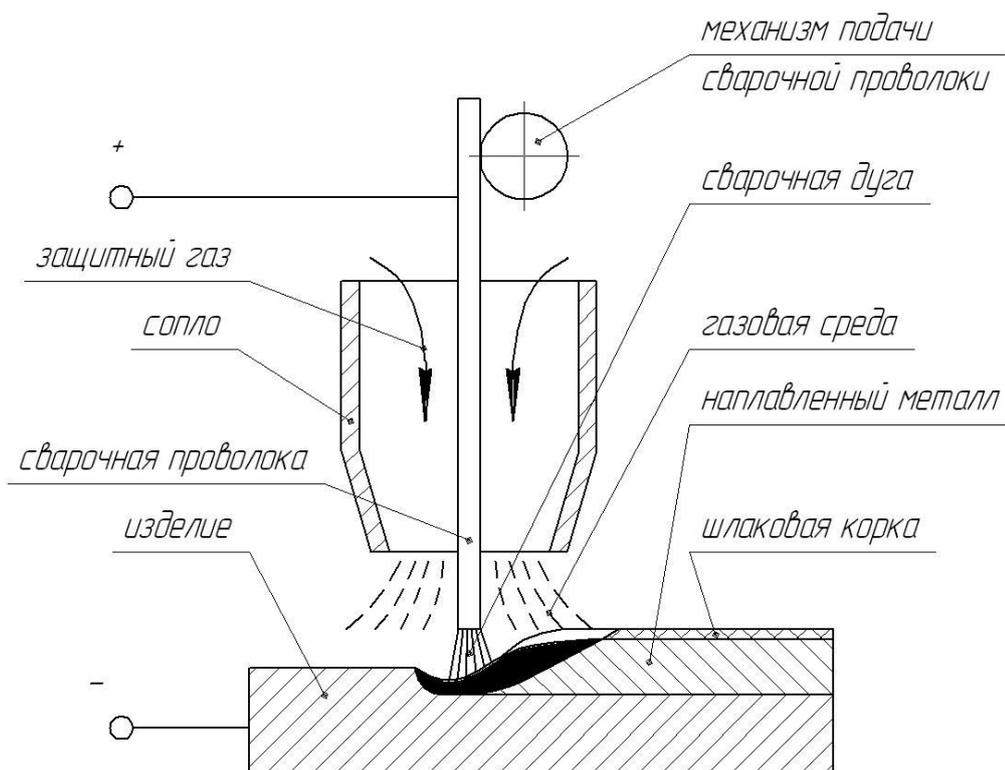


Рисунок 1.6 – Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

Дуговая наплавка в среде защитных газов может считаться самым технологичным и универсальным способом, позволяющим проведение наплавки во всех пространственных положениях. При этом достаточно

широк диапазон применяемых наплавочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей [9, 10].

Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

Однако применение данного способа наплавки ограничивается малой эффективностью управления размерами наплавляемого валика – при наплавке в углекислом газе наблюдается повышенная глубина проплавления основного металла, низкая стабильность размеров наплавленного валика, большие потери электродного металла из-за разбрызгивания.

Совершенствованию наплавки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования наплавленного металла может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root [11...14]. В работах [15...17] описано комбинированное электромеханическое управление которое применено в процессах СМТ и PulseShock

В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [9, 18]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях. Получена возможность задания произвольного алгоритма движения электродной проволоки. Частотный диапазон регулирования движением проволоки превышает 50 Гц. [9, 23].

Наплавка под флюсом (рис. 1.7) имеет большую производительность, чем наплавка в защитных газах. Также при наплавке под флюсом потери электродного металла из-за разбрызгивания сведены к минимуму. Так как

сварочная дуга закрыта слоем флюса, улучшаются условия труда сварщика, не требуется дополнительных мер защиты от излучения дуги.

При наплавке под флюсом горение сварочной происходит между сварочным электродом и наплавляемым изделием. При этом на поверхности наплавляемого изделия образуется ванночка расплавленного металла. Сам участок горения дуги покрыт толстым слоем сыпучего флюса. Под действием дуги происходит частичное расплавление флюса, в нём образуется полость с эластичной оболочкой из шлака, в которой и горит сварочная дуга. Слой расплавленного шлака защищает жидкий и перегретый металл от контакта с воздухом, устраняет разбрызгивание электродного металла, сохраняет тепло сварочной дуги.

Наплавка под флюсом успешно применяется для восстановления колёсных пар железнодорожного состава [19, 20].

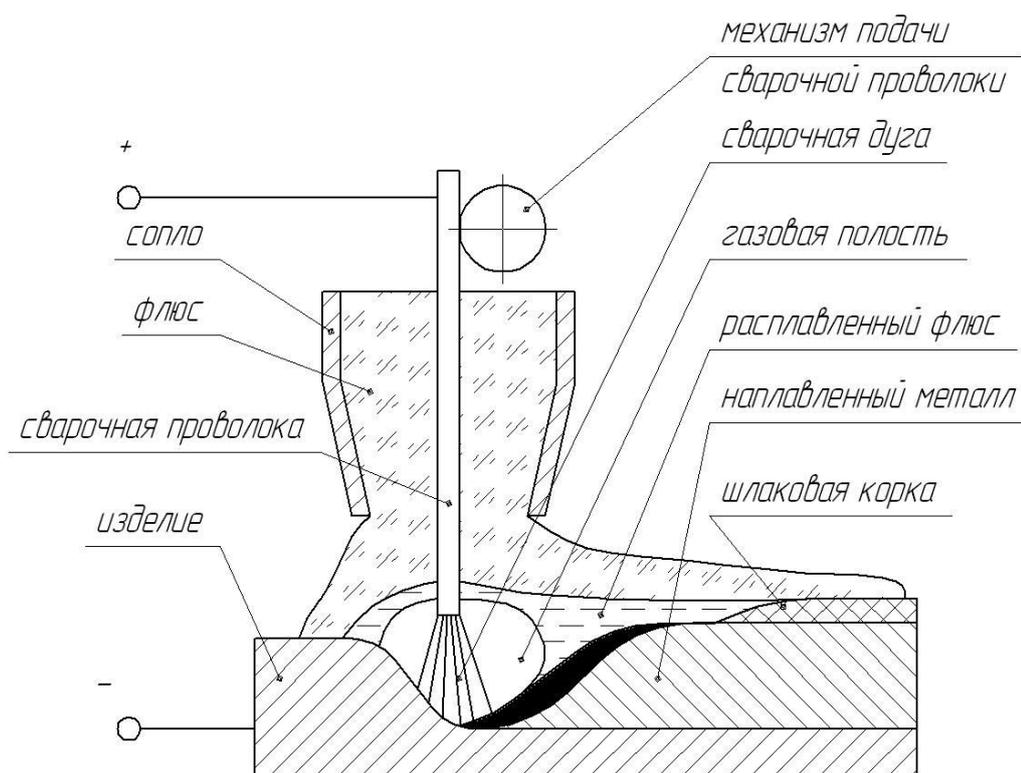


Рисунок 1.7 – Схема наплавки под флюсом

Одним из самых эффективных способов восстановления колёсной пары является электрошлаковая наплавка (рис. 1.8). Электрошлаковая наплавка производится следующим образом: к наплавляемой поверхности 1 подводят водоохлаждаемый кристаллизатор 2, между которыми остаётся зазор. В этот зазор подают электродный материал 3. Сварочный ток проходит через электрод 3, наплавленный металл 4 и жидкий шлак 5. При этом шлак разогревается до температуры порядка 2000 °С, что приводит к оплавлению кромок изделия и расплавлению подаваемого в расплавленный шлак присадочного материала. Под собственным весом расплавленный металл опускается на дно шлаковой ванны, где кристаллизуется. В результате этого происходит нарастание восстанавливаемой поверхности.

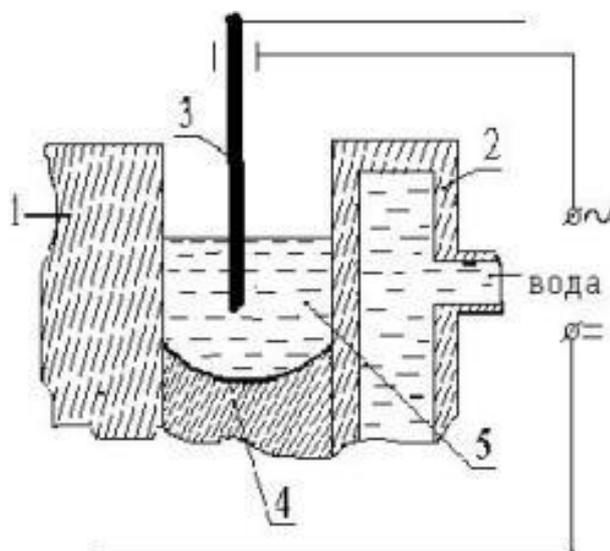


Рисунок 1.8 – Схема электрошлаковой наплавки

В качестве присадочного материала может быть взяты одна или несколько сварочных проволок, пластинчатые электроды, плавящиеся мундштуки. Чаще всего для электрошлаковой наплавки применяют сварочную проволоку диаметром 3 мм.

В зависимости от состава основного металла производят выбор химического состава электродной проволоки. Рекомендуется, чтобы химические составы электродной проволоки и основного металла были

идентичны. Дополнительное легирование наплавленного металла может быть осуществлено через проволоку или через флюс.

Электрошлаковая наплавка обладает массой преимуществ:

- высокая стабильность процесса наплавки, качественное соединение получается даже при кратковременном прерывании протекания тока;
- высокая производительность наплавочных работ;
- значительная экономия электрической энергии, которая может достигать до 15...20% по сравнению с дуговой наплавкой;
- отсутствует необходимость подготовки наплавляемой поверхности;
- хорошая защита сварочной ванны и наплавляемого металла от окисления воздухом.

К недостаткам электрошлаковой наплавки можно отнести:

- ограничение вариантов пространственного положения наплавляемой поверхности – она может располагаться только вертикально;
- прерывать процесс наплавки до его окончания недопустимо;
- необходимость изготовления технологической оснастки для формирования наплавленного слоя;
- наплавленный металл и металл в зоне термического влияния имеет крупнозернистую структуру.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Во введении была поставлена цель – повышение производительности и качества при восстановлении колёс грузовых вагонеток.

Анализ дефектов колёс показал, что самым распространённым дефектом является износ гребня, который может быть восстановлен при помощи наплавки.

При анализе возможных способов восстановления были рассмотрены: - ручная дуговая наплавка штучными электродами, наплавка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, наплавка под флюсом,

электрошлаковая наплавка. На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа предложено использовать наплавку под слоем флюса.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) назначить параметры режима наплавки;
- 2) выбрать сварочные материалы для наплавки;
- 3) предложить оборудование для наплавки;
- 4) составить технологический процесс восстановительной наплавки.

2 Проектная технология восстановительной наплавки

2.1 Выбор и расчет режима наплавки

Значение $I_{св}$ силы сварочного тока должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{\text{н\acute{a}}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 60 = 180 \text{ А}, \quad (2.1)$$

где $d_{\text{э}}$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 2 мм;

a – плотность тока, при которой обеспечивается минимальное проплавление основного металла, принимается из диапазона 50...60 А/мм².

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{\text{і}} = \frac{4 \cdot \alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{н\acute{a}}}}{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 180}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,0078} = 88000 \text{ мм/ч}, \quad (2.2)$$

где $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

$\alpha_{\text{р}}$ – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки; наплавка под слоем флюса производится на постоянном токе обратной полярности, принимаем $\alpha_{\text{р}} = 12$ г·А/ч;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma = 0,0078$ г/мм³;

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электродной проволоки, мм, который ранее был принят как $d_{\text{эл}} = 2$ мм.

Вычисляем поперечное сечение $F_{\text{э}}$ электродной проволоки по формуле:

$$F_{\dot{y}} = \frac{\pi \cdot d_{\dot{y}\ddot{e}}^2}{4} = 3,14 \text{ мм}^2. \quad (2.3)$$

Вычисляем поперечное сечение валика наплавленного металла по формуле:

$$F_{\dot{i}\ddot{i}} = h \cdot S \cdot k_1 = 2 \cdot 6 \cdot 0,65 = 7,8 \text{ мм}^2 \quad (2.4)$$

где h - заданная толщина наплавленного слоя, 2 мм;

S - шаг наплавки, мм: $S = (2,5 \div 4) \cdot d_{\dot{y}\ddot{e}} = 3 \cdot 2 = 6$;

k_1 - коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения слоя от площади прямоугольника, $k_1=0,6...0,7$.

Назначение скорость наплавки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{\dot{i}\ddot{i}} = \frac{F_{\dot{y}} \cdot V_{\dot{i}}}{F_{\dot{i}\ddot{i}}} = \frac{3,14 \cdot 88}{7,8} = 35 \text{ м/ч.} \quad (2.5)$$

Назначение величины напряжения на дуге выполняем исходя из диаметра d_3 электродной проволоки и назначенной силы $I_{\text{св}}$ сварочного тока, используя расчёт по формуле:

$$U_{\dot{A}} = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{\dot{n}\ddot{a}}}{\sqrt{d_{\dot{y}\ddot{e}}}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 180}{\sqrt{2}} \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В.} \quad (2.6)$$

Вычисляем объём $V_{\text{н}}$ наплавленного металла с использованием формулы:

$$V_{\dot{i}} = F_{\dot{i}\ddot{i}} \cdot l \cdot m \cdot n = 7,8 \cdot 408 \cdot 6 \cdot 2 = 38188,8 \text{ мм}^3 \quad (2.7)$$

где l - длина наплавленного валика, 408 мм;

m - количество швов с учётом шага наплавки, 6;

n - количество слоёв наплавки, 2 слоя толщиной по 2мм каждый;

Вычисляем массу Q_n наплавленного металла с использованием формулы:

$$Q_i = V_i \cdot \gamma = 44065,6 \cdot 0,0078 = 343,9 \text{ г.} \quad (2.8)$$

Расход электродной проволоки вычисляется с использованием формулы:

$$Q_{\text{э}} = (1,02 + 1,03) \cdot Q_i = 2,05 \cdot 343,9 = 705 \text{ г} \quad (2.9)$$

Расход флюса Q_f на один метр шва определим исходя из расчётов по формуле:

$$Q_o = \frac{780(U_{\text{А}} - 18)}{V_{\text{ii}}} = \frac{780(26,36 - 18)}{0,59} = 11 \text{ кг.} \quad (2.10)$$

2.2 Выбор сварочных материалов

Наплавку колёсных пар будем производить с использованием сварочной проволоки по ГОСТ 2246-70 (табл. 2.1) и флюса АН-348А по ГОСТ 9087-81 (табл. 2.2).

При наличии сертификата и бирок на сварочную проволоку производят сверку соответствия данной проволоки технологической документации. Если сертификат на сварочную проволоку отсутствует, то проводят химический анализ состава проволоки. Если с процессе наплавки обнаружены отклонения по качеству наплавленных колес, которые могут быть выражены трудностями при последующей обточке колёс и большим

числом горячих и холодных трещин, следует выполнить химический анализ проволоки, даже если сертификат на проволоку есть.

Таблица 2.1 – Химический состав сварочной проволоки для наплавки под флюсом колёс вагонеток

Марка проволоки	Содержание в % химических элементов					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	P
Св-08Г2СМФ	0,05- 0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	<0,2	0,25	0,25

Таблица 2.2 – Химический состав флюса для наплавки колёс вагонеток

Марка флюса	Содержание в % химических веществ и элементов								
	Si	MnO	CaP	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	S	P
АН-348А	41-44	34-38	3,5-4,5	>6,5	5,0-7,5	>4,5	2	0,15	0,12

При поступлении на предприятие каждой партии проволоки, её следует зарегистрировать в специальном журнале и разместить отдельно. Хранение сварочной проволоки должно происходить в закрытом отапливаемом помещении, при этом температура воздуха внутри помещения не должна опускаться ниже +10⁰ С, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80%. Мотки и бухты сварочной проволоки следует оборачивать в бумагу, пленку, мешковину и снабжать металлическими ярлыками предприятия-изготовителя.

Хранение сварочного флюса должно происходить в бумажных мешках, уложенных на поддоны. Возможно хранение флюса в специальной емкости (бункерах, ларях). Для хранения должно использоваться закрытое отапливаемое помещение, при этом температура воздуха внутри помещения не должна опускаться ниже +10⁰ С, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80%.

Перед наплавкой, если сварочная проволока имеет загрязнения, она должна быть очищена, следует удалить с поверхности проволоки ржавчину, загрязнения, смазку. После очистки проволоку перематывают в кассеты,

которые хранятся на отдельных стеллажах. При этом емкость кассет должна составлять 40...80 кг.

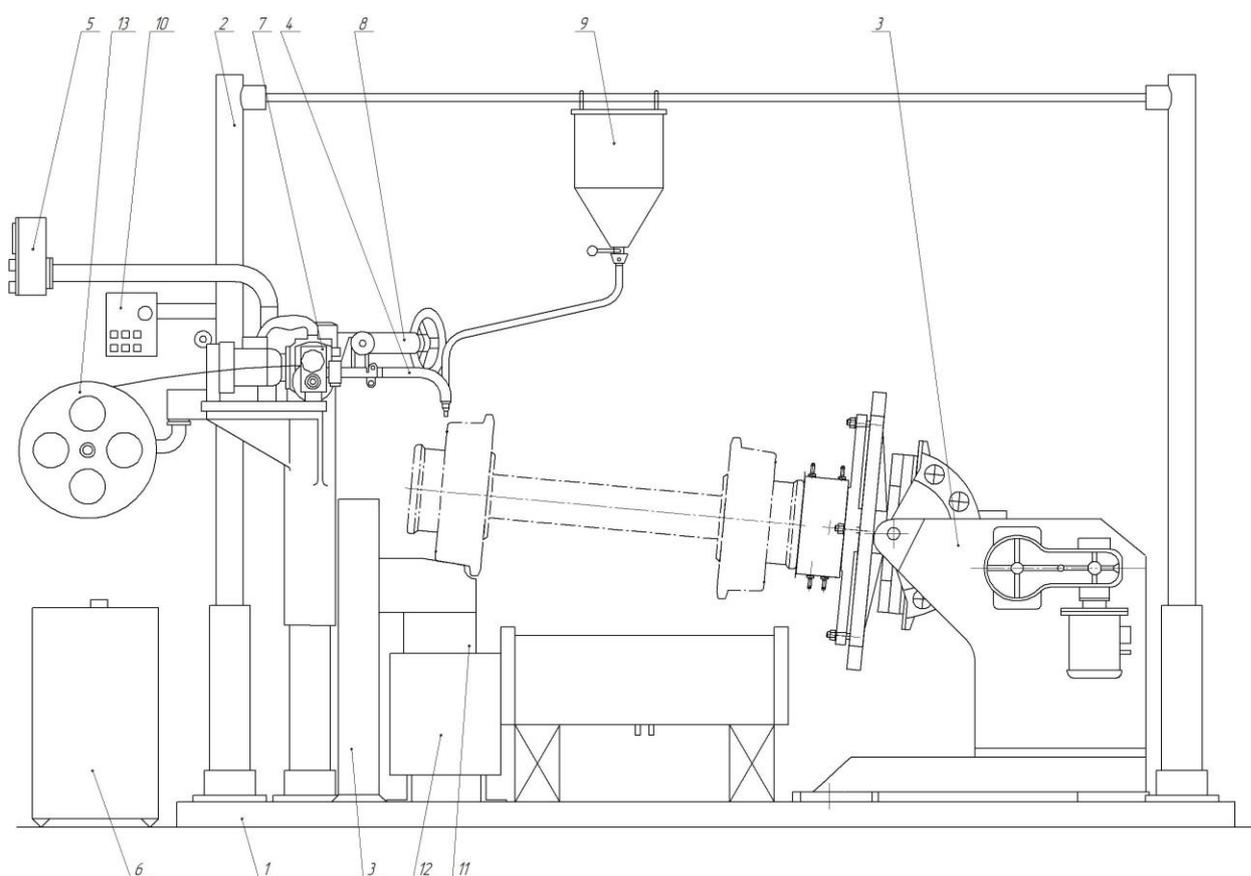
Перед наплавкой флюс следует прокалить в электрической печи при температуре 330...360 °С. После наплавки оставшийся флюс собирают в специальную тару. Путём просеивания через сито очищают его от загрязнений и шлака. При этом сито должно иметь ячейки 3x3 мм. Просеянный флюс перед вторичным использованием необходимо повторно прокалить.

2.3 Описание оборудования для наплавки

Наплавка колёс вагонеток будет выполняться с использованием автомата А-1416 (рис. 2.1). Диаметр наплавочной проволоки, заправляемой в автомат, составляет 1,2...5,0 мм, работа автомата может выполняться с продолжительностью включения ПВ=100%. Автомат может быть использован для восстановительной наплавки деталей из низкоуглеродистой и легированной стали. Наплавка выполняется постоянным током, возможна независимое регулирование скорости подачи каждой электродной проволоки.

Источником питания наплавочной дуги является источник ВДУ-1250 (рис. 2.2), который обладает надежным зажиганием, позволяет поддерживать устойчивое горение дуги при наплавке. Сварка и наплавка выполняются на жесткой внешней вольтамперной характеристике. Регулирование значений параметров режима сварки может выполняться дистанционно. Источник ВДУ-1250 позволяет выполнять наплавку на форсированных режимах с продолжительностью включения ПВ=100%.

Для предварительного подогрева колёс перед наплавкой применяется установка индукционного подогрева ИПК-250 (рис. 2.3).



1 – основание; 2 – траверса; 3 – вращатель горизонтальный; 4 – головка наплавочная;
 5 – пульт управления; 6 – источник питания; 7 – механизм подачи проволоки; 8 – маховик
 перемещения; 9 – бункер для флюса; 10 – пульт управления вращателем; 11 – сток флюса;
 12 – лоток для сбора флюса; 13 – катушка проволоки.

Рисунок 2.1 – Установка для наплавки колёс вагонеток



Рисунок 2.2 – Источник питания для наплавки под флюсом ВДУ-1250



Рисунок 2.3 – Установка индукционного подогрева ИПК-250

2.4 Описание операций проектного технологического процесса восстановительной наплавки

Перед выполнением наплавочных работ осматривают и измеряют колеса. После чего колеса подаются в токарное отделение. В токарном отделении выполняют обточку колёсной пары. Обточку выполняют на основании результатов предварительного замера. При токарной обработке обтачивают поверхности катания, гребень колеса и внутреннюю грань.

С использованием стальных щёток выполняют зачистку поверхности перед наплавкой. Далее наплавляемые поверхности промывают и обезжиривают. Для обезжиривания применяют бензин, применение керосина не допускается.

После предварительной подготовки колёсные пары поступают на участок наплавки. Перед наплавкой выполняют предварительный подогрев колёсных пар. Температура предварительного подогрева составляет 180...190°C, при этом время нагрева до заданной температуры не должно превышать 45...60 минут.

Наплавку начинают после предварительного подогрева. Направление наплавки – снизу вверх. Устанавливают на стартовую позицию мундштук

сварочной головки, включают подачу флюса, включают вращение детали, включают питание наплавочной дуги и выполняют автоматическую наплавку.

В процессе наплавки следует контролировать формирование валика наплавленного металла. Если в процессе остывания шлаковая корка самопроизвольно не отслаивается, её необходимо удалять вручную. Сбивание шлаковой корки выполняют после её затвердевания и остывания, о чём сигнализирует её потемнение.

В случае обрыва дуги повторное возбуждение выполняют после того, как колесо сделало полный оборот, при этом место возбуждения дуги должно быть на 20...50 мм перед местом, где дуга оборвалась.

Когда наплавляемое колесо сделало полный оборот, выполняют смещение сварочной горелки в направлении раскладки валиков на необходимую величину.

Наплавку производим на постоянном токе обратной полярности. Допускается производить наплавку на постоянном токе прямой полярности.

После наплавки необходимо обеспечить равномерное и замедленное остывание колёсной пары. Для этого колёсную пару помещают в термостат с опорой на ось. Категорически запрещено ставить наплавленное колесо сразу на рельс. Промежуток времени между снятием наплавленной колёсной пары с вращателя и установки ее в термостат не должен превышать 5 минут.

Средняя скорость остывания наплавленного изделия в термостате не должна превышать 50 °С/час. Продолжительность пребывания наплавленного изделия в термостате - не менее 6 часов. На момент извлечения колёсной пары из термостата её температура не должна превышать 50 °С. Постановка колёсной пары на вагонетку должна выполняться только после полного остывания до комнатной температуры.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки колёсных пар вагонеток.

Технология ремонтной сварки предусматривает использование автоматической сварки под флюсом. При этом выполняются следующие операции: омывка и зачистка, предварительный подогрев, наплавка, охлаждение, контроль качества, обточка.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Омывка и очистка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, станок обточной, щетка металлическая	Моющий раствор, вода техническая, бензин
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Установка индукционного нагрева ИПК-250	-
3. Осуществление наплавки на колёсную пару	Электросварщик	Источник питания сварочной дуги, горизонтальный вращатель, стойка для наплавки	Наплавочная проволока, флюс,
4. Охлаждение	Слесарь-сборщик	Термокамера РМ-131	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
5. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль	-
6. Обточка	Слесарь-сборщик	Станок UBE 150N, шаблон	-

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1. 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
2. Проведение предварительного подогрева	<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
3. Осуществление наплавки на колёсную пару	<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

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Охлаждение	- 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	Термокамера РМ-131
5. Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп
6. Обточка	- 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	Станок UBE 150N, шаблон

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили или (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	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.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки деталей колёсных пар. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене ручной дуговой наплавки штучными электродами на автоматическую наплавку под флюсом. За счёт замены способа восстановительной наплавки предполагается получить снижение трудоёмкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	Cч	P/час	200	200

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	40	60
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	3000	3000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	400000	1200000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	12	40
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см}, \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_{э} = F_{н} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{шт.баз} = 2,0 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,42 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,48 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{Г} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одну ремонтную наплавку по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{Г.\text{баз.}} = 2054/2,42 = 848 \text{ ремонтных наплавок за год};$$

$$П_{Г.\text{проектн.}} = 2054/0,48 = 4280 \text{ ремонтных наплавок за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{Г}=800$ ремонтных наплавок в год.

Требуемое в этом случае количество наплавочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{Г}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (4.5)$$

где $П_{Г}$ – годовая программа – принятое ранее количество ремонтных наплавок, которые необходимо сварить за один календарный год при

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{2,42 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,9$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,48 \cdot 800}{2054 \cdot 1,03} = 0,18$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{3б} = 0,9/1 = 0,9,$$

$$K_{3п} = 0,18/1 = 0,18.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При ремонтной наплавке используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение ручной дуговой наплавки, для которой расходным материалом являются штучные электроды. Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение автоматической наплавки под флюсом. Затраты на наплавочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{Т-З}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии ремонтной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать автоматическую наплавку под флюсом. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать изделия без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при восстановительной наплавке по базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_b = 345 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 1630 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = 150 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 + 39 \text{ р/кг} \cdot 3,0 \text{ кг} \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 628 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$.

Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (4.8)$$

где $C_{ч}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{д}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{осн.баз.} = 2,42 \cdot 200 \cdot 1,88 = 910 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,48 \cdot 200 \cdot 1,88 = 180 \text{ руб.}$$

Объём $З_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 910 \cdot 12 / 100 = 109 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 180 \cdot 12 / 100 = 22 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 910 + 109 = 1019 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 180 + 22 = 202 \text{ рублей.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сбаз.}} = 1019 \cdot 34 / 100 = 347 \text{ руб.,}$$

$$O_{\text{спроектн.}} = 202 \cdot 34 / 100 = 69 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{об}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $C_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{400000 \cdot 21,5 \cdot 2,42}{2054 \cdot 100} = 197 \text{ рублей,}$$

$$A_{об.пр} = \frac{1200000 \cdot 21,5 \cdot 0,48}{2054 \cdot 100} = 60 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{э-эб} = \frac{12 \cdot 2,42 \cdot 3,02}{0,7} = 125 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{40 \cdot 0,48 \cdot 3,02}{0,85} = 68 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 197 + 125 = 322 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 60 + 68 = 128 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 1630 + 1019 + 347 + 322 = 1439 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 628 + 202 + 69 + 128 = 743 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 3318 + 1,5 \cdot 910 = 3318 + 1365 = 4683 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1027 + 1,5 \cdot 180 = 1027 + 270 = 1297 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где $K_{ЗАВ}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 4683 + 1,15 \cdot 910 = 4683 + 1046 = 5729 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1297 + 1,15 \cdot 180 = 1297 + 207 = 1504 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	1630	628
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	1019	202
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	347	69
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	322	128
5. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	3318	1027
6. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	1365	270
7. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	4683	1297
8. Объём заводских расходов	Р _{зав}	1046	207
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	5729	1504

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $Ц_{\text{ОБ.Б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Ц_{\text{ОБ.Б}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 400000 - (400000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 71000 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 142000 \cdot 0,90 = 127800 \text{ рублей}$$

Величину $\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}} = \text{К}_{\text{ОБ.ПР}} + \text{К}_{\text{ПЛ.ПР}} + \text{К}_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = \text{Ц}_{\text{ОБ.ПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{К}_{\text{ОБ.ПР}} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,18 = 226800 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \text{Ц}_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 20000 + 60000 = 80000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 226800 + 80000 = 306800 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.Б.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 306800 - 127800 = 179000 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где Π_T – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{удБаз.}} = 127800/800 = 160 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 306800/800 = 384 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{2,42 - 0,48}{2,42} \cdot 100\% = 80\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_T = \frac{100 \cdot 80}{100 - 80} = 400\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{5729 - 1504}{5729} \cdot 100\% = 74\%$$

Условно-годовую экономию $Пр_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{\text{у.г.}} = (5729 - 1504) \cdot 800 = 3380000 \text{ руб.}$$

Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{ок} = \frac{306800}{3380000} = 0,1$$

Годовой экономический эффект Δ_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta_r = 3380000 - 0,33 \cdot 368000 = 3260000 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки изделия с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. В проектном варианте технологии предложено использовать автоматическую наплавку под флюсом. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать наплавленную поверхность без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 80 %, увеличивается производительность труда на 400 %, уменьшается технологическая себестоимость на 74 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 3,4 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,2 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,1 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества при восстановлении колёс грузовых вагонеток.

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки детали с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. Обзор возможных способов восстановительной наплавки выполнен с анализом таких способов, как ручная дуговая наплавка штучными электродами, наплавка в защитном газе плавящимся электродом, наплавка под флюсом, электрошлаковая наплавка.

На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения автоматической наплавки под флюсом.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) назначить параметры режима наплавки; 2) выбрать сварочные материалы для наплавки; 3) предложить оборудование для наплавки; 4) составить технологический процесс восстановительной наплавки.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной наплавки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 3,2 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки колёсных пар.

Список используемой литературы

1. Фрумин, И.И. Автоматическая электродуговая наплавка. – Харьков: Metallurgizdat, 1961. – 421 с.
2. Рябцев, И.А. Наплавка деталей машин и механизмов. – Киев: Екотехнологія, 2004. – 160 с.
3. Машиностроение. Технология сварки, пайки и резки. Т. 3 / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 2006. – 768 с.
4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
5. Деев, Г.Ф. Дефекты сварных швов / Г.Ф. Деев, И.Р. Пацкевич. – Киев: Наук. думка, 1984. – 208 с.
6. Власов, В.М. Влияние дефектов, возникающих в процессе наплавки, на механические характеристики металла / В.М. Власов, Л.М. Нечаев, Н.Б. Фомичева, Е.В. Фомичева // Современ. наукоемкие технологии. – 2004. – № 1. – С. 9–11.
7. Молодык, Н.В. Восстановление деталей машин: Справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
8. Зорин Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением : учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.
9. 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.
10. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.

11. Goecke S. F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat, EWM HIGHTEC WELDING GmbH 2005.
12. Jaeschke B. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens / Jaeschke B., Vollrath K. // Schweien und Schneiden. – 2009. – 61. – № 9. – S. 548–553.
13. DeRuntz, B. D. Surface Tension Transfer welding in manufacturing. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.
14. Jyri Uusitalo. Kemppi Pro News 2/2006. FastROOT Process. – P. 4–8.
15. A. Schierl: «The CMT-Process – A Revolution in welding technology». – Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huismann: Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.
16. Федько, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федько, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.
17. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.
18. Лебедев, В.А. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел, А.В. Яровицын [и др.] // Автоматическая сварка. – 2006. – № 3. – С. 25–30.
19. Патент РФ № 2041785. Способ восстановления гребней вагонных колес / Родионов Ю.С., Козубенко И.Д., Рассоха А.И., Бызова Н.Е. МКИ В23Р6/00. 1995

20. 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

21. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.

22. Патент РФ № 2143962. Способ восстановления наплавкой поверхностей катания / Шефель В.В., Лойко В.М., Стржалковский В.Д. и др. МКИ В23К9/04. 2000

23. Патент РФ № 2041785. Способ восстановления гребней вагонных колес / Родионов Ю.С., Козубенко И.Д., Рассоха А.И., Бызова Н.Е. МКИ В23Р6/00. 1995

24. 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

25. Лендел, И.В. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе / И.В. Лендел, С.Ю. Максимов, В.А. Лебедев, О.А. Козырко // Автоматическая сварка. – 2015. – № 5–6. – С. 46–48.

26. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

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

28. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.