

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 Технологический процесс и оборудование ремонтной сварки
грузоподъёмной техники

Студент

Р.Б. Холов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.э.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент И.В. Дерябин

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

Тольятти 2022

Аннотация

Задача поддержания в рабочем состоянии технологического оборудования остаётся актуальной независимо от настоящего состояния экономики государства. Особенно актуальна эта задача по отношению к грузоподъёмной техники.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки несущих металлических конструкций грузоподъёмной техники.

В ходе выполнения работы решены задачи выбора способа ремонтной сварки при заварке трещин на несущих конструкциях порталных кранов. На основании анализа литературных данных в проектной технологии применяется механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа технологического процесса проектной технологии были идентифицированы опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела предложены стандартные методики и средства, применение которых устраняет действие опасных факторов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство.

Abstract

The title of the graduation work is «Technological process and equipment for repair welding of lifting equipment».

The task of maintaining technological equipment in working order remains relevant regardless of the current state of the state's economy. This task is especially relevant in relation to lifting equipment.

The aim of the work is to increase the productivity and quality of repair welding of load-bearing metal structures of lifting equipment.

In the graduation paper the tasks of choosing a method of repair welding for welding cracks on the supporting structures of portal cranes were solved. According to the analysis of literature data, it is proposed to use mechanized gas-shielded welding with a solid wire.

The analysis of the design technology of welding for dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,6 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние сварочных технологий при ремонте металлических конструкций подъёмных кранов.	8
1.1 Описание типового подъёмного крана и дефектов в его конструкции.	8
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Базовая технология ремонтной сварки.	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	16
2 Проектная технологи ремонтной сварки портала подъёмного крана.	18
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	18
2.2 Выбор сварочных материалов	26
2.3 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения	28
2.4 Технология ремонтной сварки при заварке трещин в несущих конструкциях порталных кранов.	32
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	38
3.2 Идентификация профессиональных рисков	38
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	41
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	43
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	46
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	46
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	48
4.3 Расчет штучного времени	49

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	50
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	55
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	57
Заключение	60
Список используемой литературы и используемых источников.	62

Введение

Задача поддержания в рабочем состоянии технологического оборудования остаётся актуальной независимо от настоящего состояния экономики государства. Особенно актуальна эта задача по отношению к грузоподъёмной технике. В случае «остывания» экономики и замедления темпов экономического развития у промышленного предприятия не имеется свободных средств для приобретения нового дорогостоящего подъёмного оборудования. В случае «разогрева» экономики становится необходимым резкое увеличение объёмов перемещаемых грузов. В обоих случаях становится необходимым продление ресурса грузоподъёмной техники.

В настоящее время большая часть грузоподъёмной техники, находящейся в эксплуатации, работает с продлённым сроком службы. При этом происходит постоянная модернизация и ремонт узлов кранов. Поэтому безопасность эксплуатации кранов напрямую зависит от качества выполняемого ремонта. При этом за эксплуатируемыми кранами осуществляется надзор не только со стороны предприятия, но и государственными контролирующими органами [7].

Исчерпание нормативного срока службы подъёмного крана [20], [21], [22] не приводит к его выходу из строя. После проведения соответствующего ремонта несущих металлических конструкций порядка 80 % кранов могут эксплуатироваться дальше [13]. При этом следует учитывать, что усталостные повреждения несущих конструкций являются причинами кранов аварийных разрушений приблизительно в трети случаев [1], [5], [6], [11].

Эксплуатация грузоподъёмного оборудования приводит к его износу, как физическому, так и моральному. Для восстановления работоспособности требуется проведение ремонта. Значительная роль в этом вопросе отводится сварочным работам.

Для того, чтобы обеспечить безопасную работу подъёмного крана проводится комплекс мероприятий. Применительно к

быстро изнашивающимся элементам кранов проводится периодическая замена. Применительно к элементам систем управления и автоматики кранов проводится проверка работоспособности и вводятся дублирующие элементы. Наиболее ответственным элементом крана является его металлическая несущая конструкция. Замена этого элемента крана невозможна, разрушение же зачастую приводит к существенному ущербу и человеческим жертвам.

Разрушение конструкций кранов происходит по причине наличия дефектов в её элементах [8], при этом на долю некачественных сварных швов приходится до 90 % всех случаев аварийных разрушений [12].

Следует отметить проблемы проведения ремонтной сварки металлических конструкций элементов грузоподъёмной техники [19]. Первой проблемой является практическая невозможность достоверного определения причины появления дефекта. Второй проблемой является отсутствие в технической литературе однозначных рекомендаций по проведению ремонтных работ. Третьим затруднением является то, что ремонтные работы необходимо выполнять в условиях действующего производства, которые характеризуются малым временем на выполнение ремонтных работ, стеснёнными условиями и неудобством расположения сварных швов.

Одной из проблемных частей при ремонте несущих металлических конструкций кранов является трещинообразование в местах выполнения сварных швов. Трещины образуются в местах концентрации напряжений, в качестве которых выступают сварные швы. При этом прочность металла сварного шва может быть гораздо ниже прочности основного металла. Наиболее сильно это проявляется при выполнении швов ручной дуговой сваркой.

Проведённый краткий обзор позволяет признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки несущих металлических конструкций грузоподъёмной техники.

1 Современное состояние сварочных технологий при ремонте металлических конструкций подъёмных кранов

1.1 Описание типового подъёмного крана и дефектов в его конструкции

Наиболее распространённым средством механизации погрузочно-разгрузочных работ в морских и речных портах являются порталные краны. Портальные краны нашли применение также при выполнении работ по постройке и ремонту судов. Также выполнение работ по возведению крупных гидротехнических сооружений предусматривает использование порталных кранов. Портальный кран – полноповоротный стрелковый кран, на жёстком портале которого установлена поворотная часть, при этом сам портал имеет возможность перемещения по рельсам, которые прокладываются по эстакаде или по земле. Грузоподъёмность порталных кранов может достигать нескольких десятков тонн. Колея портала имеет ширину, определяемую количеством железнодорожных путей, которые перекрываются порталом. Обычно, это один, два или три железнодорожных ветки. На рисунке 1 представлен общий вид порталного крана "Альбатрос" производства фирмы «Kranbau Eberswalde». В состав крана входят:

- портал 1;
- механизм передвижения 2;
- хобот 3;
- механизм изменения вылета 4;
- стрела 5;
- кабина управления 6;
- крюковая подвеска 7;
- коромысло 8;
- противовес 9;
- оттяжка 10.

хобот 3, стрелу 5 и оттяжку 10. На поворотной части крана установлены также механизмы поворота 11, изменения вылета стрелы 4, кабина управления 6 и противовес 9.

В результате действия нагрузок при эксплуатации крана в несущих конструкциях крана, в частности, раме портала, возникают множественные трещины.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрим случай исправления трещин в портале крана, которые показаны на рисунке 2. При этом возникают трещины как по сварному шву, так и по основному металлу.

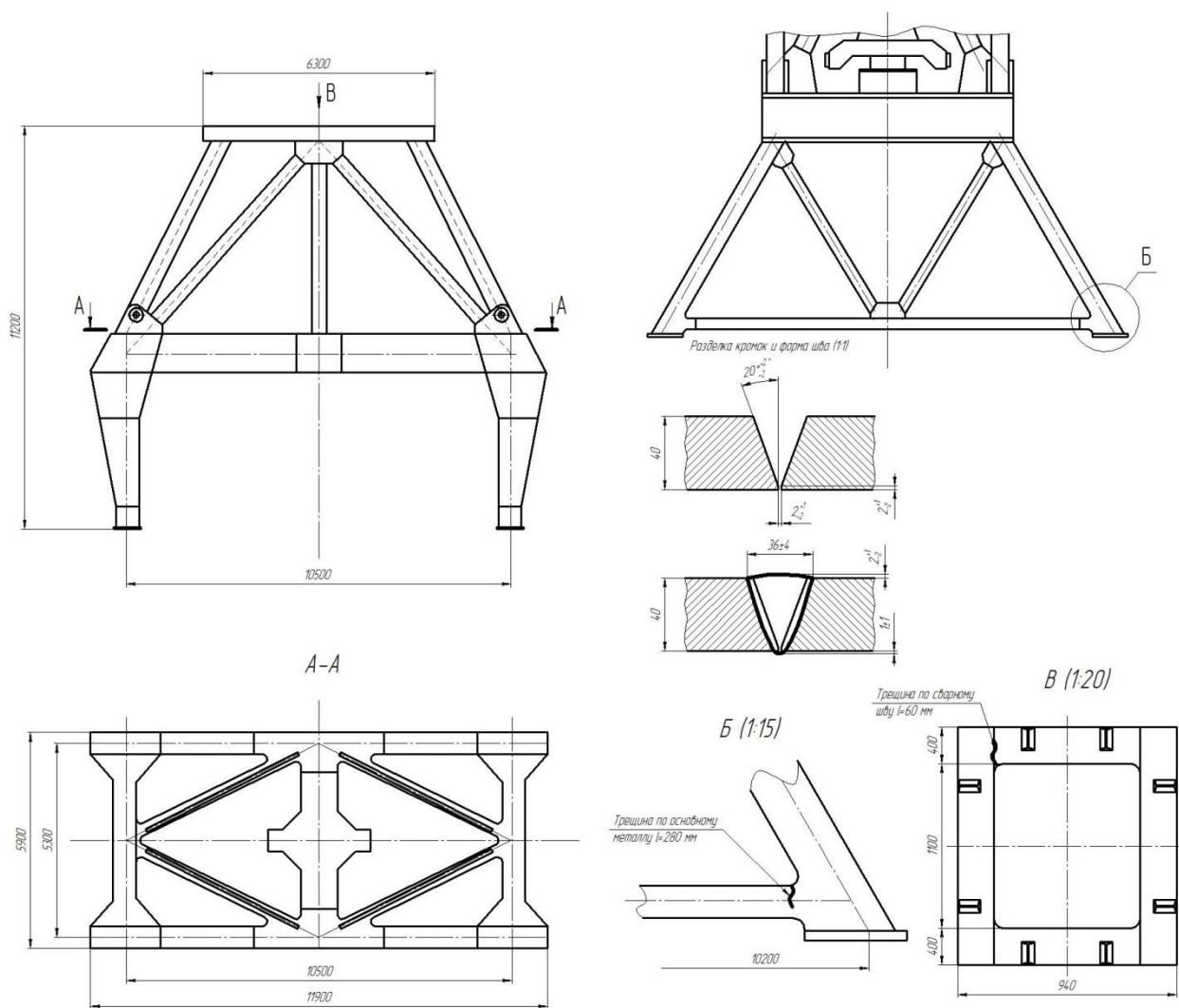


Рисунок 2 – Трещины в раме портала крана

Применяемый ранее способ ремонта с использованием приварных усиливающих накладок показал свою неэффективность. Через несколько

месяцев эксплуатации трещины начинают появляться уже на самой усиливающей накладке, которую необходимо заменять. При этом проводимые огневые работы во время среза накладки вызывают в основном металле несущей конструкции образование значительных остаточных напряжений. Эти напряжения становятся причинами образования новых трещин.

1.2 Сведения о материале изделия

Для изготовления несущих конструкций portalного крана применяются низколегированные стали 10ХСНД, 15ХСНД, 16Г2АФ. Механические свойства этих сталей представлены в таблице 1.

Из рассмотренных сталей большей пластичностью обладает сталь 16Г2АФ. Эта сталь будет успешнее сопротивляться высокому уровню деформаций и напряжений, которым характеризуется работа portalного крана. Однако в работе [28] показано что сталь 16Г2АФ имеет большую склонность к хрупкому разрушению, чем стали 10ХСНД и 15ХСНД. Если сравнивать стали 10ХСНД и 15ХСНД, то стали 10ХСНД обладает большей ударной вязкостью и лучше сопротивляется хрупким разрушениям.

Для изготовления несущих конструкций рассматриваемого portalного крана применяется сталь 10ХСНД, которая также обладает самой низкой стоимостью по сравнению с рассмотренными сталями, позволяет сочетать высокую коррозионную стойкость и малую восприимчивость к концентраторам напряжений. Содержание химических элементов в стали 10ХСНД приведено в таблице 2.

Таблица 1 – Механические характеристики сталей для строительства несущих конструкций portalных кранов [26]

Марка стали	Класс прочности	Толщина металла	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %
15ХСНД	390	30	400	555	30
10ХСНД	390	30	390	510	39
16Г2АФ	440	30	440	590	39

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 10ХСНД [26]

«С	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
<0,12	0,50- 0,80	0,80- 1,10	<0,035	<0,035	0,40- 0,60	0,60- 0,90	0,50- 0,80» [26]

Таким образом, в стали 10ХСНД содержатся такие элементы, как хром, никель, марганец, кремни и медь.

Марганец, содержание которого в стали составляет 0,5...0,8 %, повышает износостойчивость, твёрдость, а также стойкость против ударных нагрузок.

Кремний, содержание которого в стали составляет 0,8...1,1 %, увеличивает прочность стали, при этом вязкость стали не уменьшается.

Медь, содержание которой в стали составляет 0,4...0,6 %, позволяет повысить коррозионную стойкость.

Хром, содержание которого в стали составляет 0,6...0,9 %, повышает твёрдость и коррозионную стойкость.

Никель, содержание которого в стали составляет 0,5...0,8 %, позволяет повысить коррозионную стойкость и пластичность стали.

Сложностями сварки стали 10ХСНД являются [25]:

- опасность возникновения горячих трещин в металле сварного шва;
- высокая склонность к образованию холодных трещин в основном металле околошовной зоны;
- прочность металла сварного шва и околошовной зоны может оказаться существенно ниже прочности основного металла.

Для того, чтобы снизить опасность возникновения горячих трещин в металле сварного шва следует в процессе сварки поддерживать минимальную длину дуги и не применять поперечные колебания электрода. Необходимо тщательно заправлять кратеры, запрещено выводить кратеры на основной металл. Если произошёл вынужденный обрыв дуги, необходимо осмотреть кратер на предмет обнаружения кратерной трещины и в этом случае удалить кратер механическим способом. Необходимо уменьшить

количество в сварной конструкции угловых и тавровых соединений, отдавая предпочтение стыковым соединениям. Применение сварки порошковой проволоки позволяет успешно бороться с горячими трещинами при сварке.

Для того, чтобы снизить склонность металла околошовной зоны к образованию холодных трещин необходимо применять предварительный и сопутствующий подогрев и режимы сварки с низкой погонной энергией. Температура предварительного подогрева составляет 200...300 °С. Также эффективным может оказаться применение сварочных материалов, обеспечивающих получение аустенитной структуры сварного шва. Снижение склонности к образованию холодных трещин достигается при проведении термической обработки сварного шва. Также следует выполнять тщательную очистку поверхности изделия от окалины, ржавчины и других загрязнений, что уменьшает насыщение металла сварного шва водородом и снижает трещинообразование.

Для того, чтобы уменьшить разупрочнение металла сварного шва и околошовной зоны, применяют термическую обработку (нормализацию и отпуск), применяют сварочные материалы с уменьшенным содержанием углерода и увеличенным содержанием легирующих элементов. Следует отметить, что полное устранение эффекта разупрочнение очень трудозатратно и в большинстве случаев недостижимо.

1.3 Базовая технология ремонтной сварки

Для ремонта трещины в конструкции применяется ручная дуговая сварка. Технологический процесс ремонтной сварки трещины предусматривает последовательное выполнение операций.

Визуально определяют нахождение трещины и её пролегание через всю конструкцию. При помощи маркера отмечают концы трещины.

При помощи дрели засверливают концы трещины на расстояние от её окончания в полдиаметра сверла. Диаметр сверла – 10 мм.

Далее выполняют разделку кромок с применением воздушно-дуговой строжки. Для этого используется строгач К-3000, сварочный выпрямитель ВД-252, угольный электрод Ø10 мм. Сила тока – 400...450 А, скорость строжки 300...400 мм/мин. После выполнения строжки следует зачистить поверхности на глубину не менее 1 мм с применением угловой шлифовальной машинки МШУ-1-6-230.

Непосредственно перед заваркой трещины следует выполнить очистку кромок на ширину 20...30 мм в обе стороны с применением металлической щётки, шлифовальной машинки и абразивного круга.

Далее выполняют заварку трещины. Сварку выполняют несколькими проходами, применяется выпрямитель ВД-252, электроды УОНИ-13/85 диаметром 4 мм. При сварке необходимо обеспечить плавность перехода сварного шва на основной металл, запрещается выводить кратер на основной металл. Сварку выполнять без поперечных колебаний на минимальной длине дуги. Ток сварки 140...160 А. Сварку ведут постоянным током обратной полярности («плюс» на электроде).

После выполнения заварки всю поверхность шва зачищают заподлицо с основным металлом с применением угловой шлифовальной машинки МШУ-1-6-230.

Контроль качества сварных соединений и конструкций должен осуществляться систематически в течение всего производственного цикла, на всех этапах ремонта и изготовления. Порядок, способы контроля и средства измерения указываются в карте технологического процесса. Предъявляемые к контролю после ремонта сварные соединения и конструкции не должны быть окрашены.

Качество ремонтной сварки контролируется следующими методами:

- визуально-измерительный контроль места сварки в объёме 100%;
- радиографический контроль в объёме 100%.

Осмотру с целью выявления внешних дефектов должны подвергаться все сварные швы независимо от применения других методов контроля.

Осмотр сварных швов должен производиться по всей их протяженности с двух сторон, за исключением мест, недоступных для осмотра. Невооруженным глазом или с применением лупы с не менее чем четырехкратным увеличением проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок.

Не допускается сваривать заготовки и сборочные единицы до устранения имеющихся в зоне сварного соединения недопустимых вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины и т. п.

Качество подготовки кромок под сварку определяется чистотой кромок, правильностью их разделки.

Перед контролем сварной шов и прилегающие к нему поверхности должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр, на ширину не менее 20 мм по обе стороны шва.

Дефекты, выявленные внешним осмотром, должны быть устранены перед проведением контроля другими методами.

Визуальный контроль сварных соединений проводится невооруженным глазом или с помощью оптических приборов. Расчетные соединения должны осматриваться с применением лупы десятикратного увеличения.

При внешнем осмотре выявляются наплывы, подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, наружные трещины швов и околошовной зоны, непровары корня шва, пористость.

По результатам визуального контроля должны выполняться следующие требования:

- сварной шов должен иметь гладкую структуру с плавным переходом к основному металлу, при этом неровность не должна быть более 0,5 мм (если шов является легкодоступным) или не более 1 мм (если шов является труднодоступным);

- должны отсутствовать скопления пор и шлаковых включений, свищи, наплывы по всей длине сварного шва;

- не допускается наличие незаваренных кратеров.

По результатам рентгеновского контроля должны выполняться следующие требования:

- не допускается наличие непроваров в корне шва глубиной более 3 мм;
- не допускаются поры и шлаковые включения размером более 3 мм;
- не допускаются скопления пор более 5-штук на 1 см².

Если недопустимые дефекты были обнаружены, необходимо их устранить. Удаление дефекта выполняется механическим способом (абразивным инструментом, вырубкой, фрезеровкой) по всей длине дефекта плюс 10 мм в каждую сторону от дефекта. Запрещено выплавлять дефект дуговыми способами. Допустимо применение плазменно-дуговых процессов.

Если обнаружены сквозные трещины, перед их заваркой следует засверлить концы, чтобы исключить возможность дальнейшего роста трещины при нагреве от сварки. Заваривание дефектного участка следует выполнять на всю глубину.

Не допускается исправление дефектного участка более двух раз.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Базовая технология заварки трещина на несущих конструкциях порталного крана предусматривает применение ручной дуговой сварки. Базовая технология имеет следующие недостатки:

- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;

- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества ремонтной сварки несущих металлических конструкций грузоподъёмной техники.

Достижение поставленной цели возможно в случае решения следующих задач:

- обоснование способа ремонтной сварки с применением современных достижений сварочной науки на основании анализа источников научно-технической информации по рассматриваемому вопросу;

- построение проектной технологии ремонтной сварки с применением выбранного способа сварки, назначение параметров режима сварки, выбор сварочного оборудования, составление карты технологического процесса.

Кроме этого, при выполнении оценочного блока выпускной квалификационной работы следует оценить предлагаемые технологические решения на предмет опасности для производственного персонала и окружающей среды.

Также необходимо оценить экономическую эффективность предложенных решений при их внедрении в массовое производство.

2 Проектная технологи ремонтной сварки портала подъёмного крана

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

Для построения проектной технологии ремонтной сварки несущих конструкций portalного крана необходимо обосновать выбор способа сварки. Для этого следует выполнить конструктивно-технологический анализ сварной конструкции. В качестве основных критериев, которые определяют выбор того или иного способа сварки выступают:

- содержание химических элементов в свариваемом металле, их влияние на химическую активность и свариваемость;
- толщина деталей;
- расположение сварных швов в пространстве, их протяженность и особенности геометрии;
- возможность механизации сварочных операций, определяемая особенностями выполнения сварки и возможностями конкретного производства;
- результаты критического анализ преимуществ и недостатков каждого из рассматриваемых способов сварки.

Рассматриваемая конструкция выполнена из стали 10ХСНД, низколегированной конструкционной стали, сварка которой возможна с применением всех известных способов, в качестве которых укажем:

- ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом

- сварка под флюсом;
- плазменная сварка.

Рассматриваемая конструкция портала имеет толщину стенки 40 мм, применительно к такой толщине могут быть использованы следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом;
- сварка под флюсом.

Сварной шов является стыковым, сварка выполняется по балке закрытого сечения, при этом сварной шов может иметь нелинейность, длина сварного шва составляет несколько десятков сантиметров. Пространственное положение сварного шва не регламентировано, так как выполняется ремонтная заварка трещины, которая может иметь любое положение (нижнее, горизонтальное, вертикальное, верхнее). Исходя из этого для дальнейшего анализа следует отобрать такие способы сварки, как:

- ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом.

Поскольку выполняется ремонтная сварка единичных трещин на несущих конструкциях порталных кранов, такое производство нельзя считать массовым. Для такого случая целесообразно применять ручные и

механизированные способы сварки. Таким образом, для анализа преимуществ и недостатков каждого способа принимаем следующие:

- ручная дуговая сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка в инертных газах неплавящимся электродом.

Самым распространенным способом ремонтной сварки в настоящее время можно считать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема выполнения ручной дуговой сварки штучными электродами

Ручная дуговая сварка имеет ряд преимуществ, которые позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности [22]:

- относительная дешевизна и простота сварочного оборудования;

- возможность проведения ремонтной сварки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования;

- построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

В настоящее время применение ручной дуговой сварки планомерно сокращается. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве:

- увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;

- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;

В качестве преимуществ сварки проволокой сплошного сечения в смеси защитных, схема выполнения которой представлена на рисунке 4, следует отметить [16], [17]:

- производительность, которая выше, чем у ручной дуговой сварки;
- в процессе сварки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве сварных швов;

- расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой порошковой проволокой вязкостью, что позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях;

- оборудование для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой

сварки, но намного проще, чем для сварки неплавящимся электродом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это деталей порошковая проволока;

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются [16], [17]:

- наличие газовых баллонов и механизма подачи проволоки, что несколько усложняет способ сварки и снижает его мобильность;

- повышенное разбрызгивание электродного металла ограничивает ток сварки и не позволяет повысить производительность сварочных работ за счёт перехода на форсированные режимы сварки;

- из-за пониженной пластичности расплавленного металла повышается вероятность получения трещин.

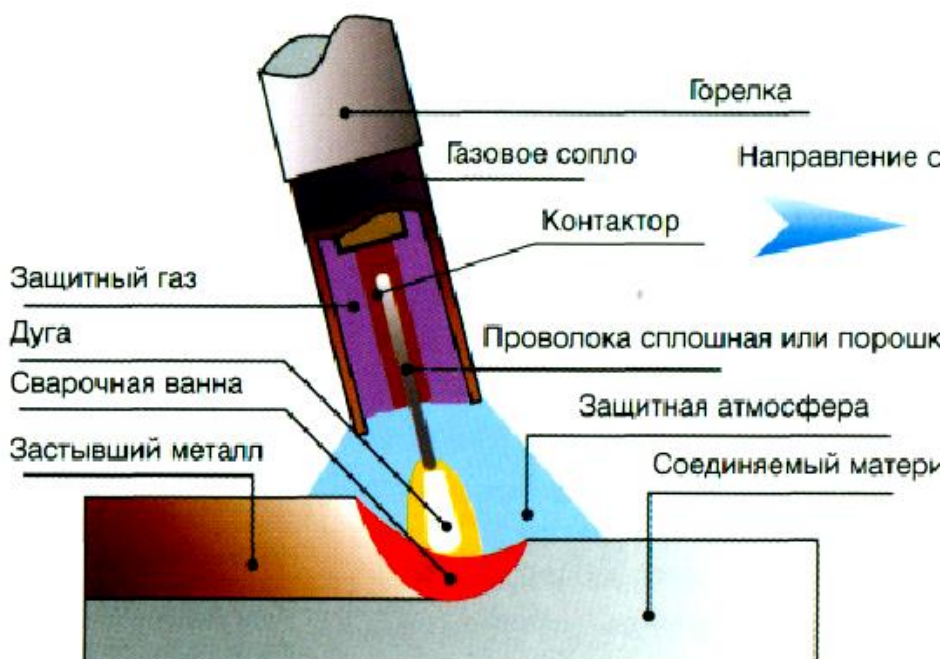


Рисунок 4 – Схема выполнения механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах

Применение порошковой проволоки при механизированной сварке в защитных газах расширяет технологические возможности ремонтной сварки [18]. При этом появляются следующие преимущества:

- возможность повышения производительности по сравнению со сваркой проволокой сплошного сечения;

- существенное повышение стойкости против трещинообразования;

- улучшение качества и внешнего вида сварных швов;

- уменьшение теплового перегрева основного металла.

Однако этот способ сварки сочетает в себе недостатки сварки порошковыми проволоками и сварки в защитных газах [31]:

- остаётся необходимым применение газового оборудования, что снижает мобильность сварщика и ухудшает качество газовой защиты при сварке на открытом воздухе;

- порошковая проволока склонна к заломам и требует применения более сложного механизма подачи, сама подача проволоки может осуществляться на меньшее расстояние, чем при сварке проволокой сплошного сечения.

Сварка самозащитной порошковой проволокой предоставляет значительные преимущества при организации технологического процесса, которые наиболее полно проявляются именно в условиях монтажа и ремонта [3], [23], [29]. Схема выполнения сварки представлена на рисунке 5. В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить:

- отсутствие газовой аппаратуры, что повышает мобильность способа сварки при выполнении монтажных и ремонтных работ;

- улучшение защиты шва при сварке на открытом воздухе;

- возможность повышения производительности сварки по сравнению со сваркой проволоками сплошного сечения.

Однако применение самозащитных порошковых проволок ограничивается из-за множественных недостатков:

- самозащитная проволока склонна к заломам, что предъявляет повышенные требования к подающему механизму и уменьшает расстояние, на которое может быть подана проволока;

- горение самозащитной проволоки происходит неравномерно, оболочка проволоки расплавляется, а сердечник проволоки может просыпаться в сварочную ванну и становиться причиной образования пор и шлаковых включений;

- наличие шлака на поверхности сварного шва приводит к необходимости зачистки при выполнении многослойных швов, что снижает производительность выполняемых работ;

- из-за повышенной текучести шлака при сварке порошковой самозащитной проволокой высока опасность образования шлаковых карманов, усложняется сварка в узкую разделку и сварка корневого слоя шва;

- высокая текучесть металла сварочной ванны существенно усложняет выполнение вертикальных и потолочных швов.

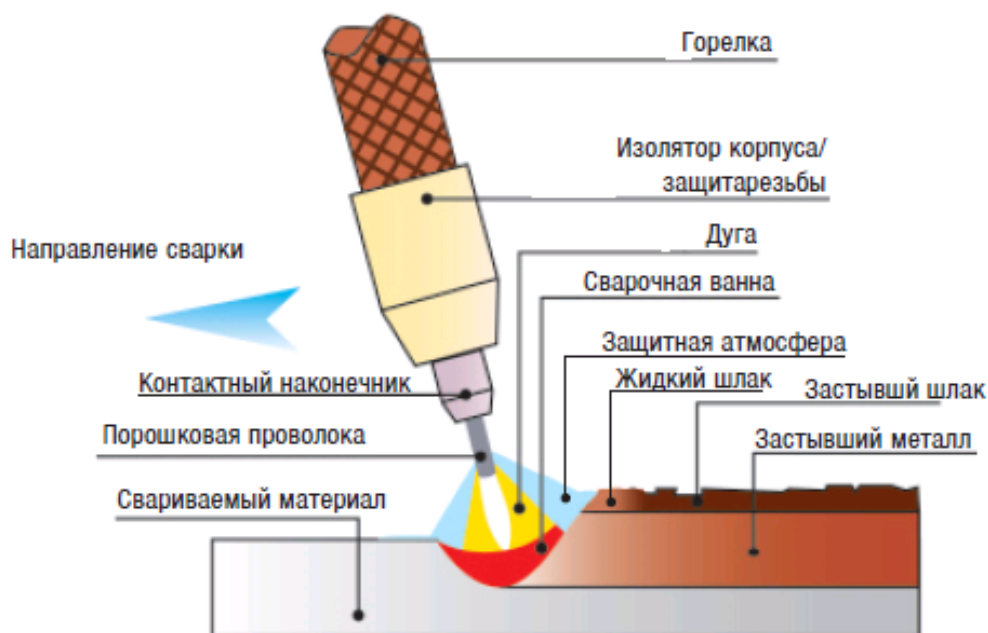


Рисунок 5 – Схема выполнения сварки самозащитной порошковой проволокой

При сварке неплавящимся электродом в среде инертных газов, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, получается самое высокое качество сварных швов. В числе преимуществ сварки неплавящимся электродом в инертных газах следует отметить:

- качественную защиту сварочной ванны;

- возможность сварки в узкую разделку и высокое качество выполнения корневого слоя шва;
- при сварке не образуется шлаковая корка, что повышает качество сварки;
- низкая склонность металла сварного шва к образованию трещин и пор.

В числе недостатков сварки следует отметить:

- высокую стоимость защитного газа;
- необходимость в высокой квалификации сварщика;
- высокую стоимость сварочного оборудования.

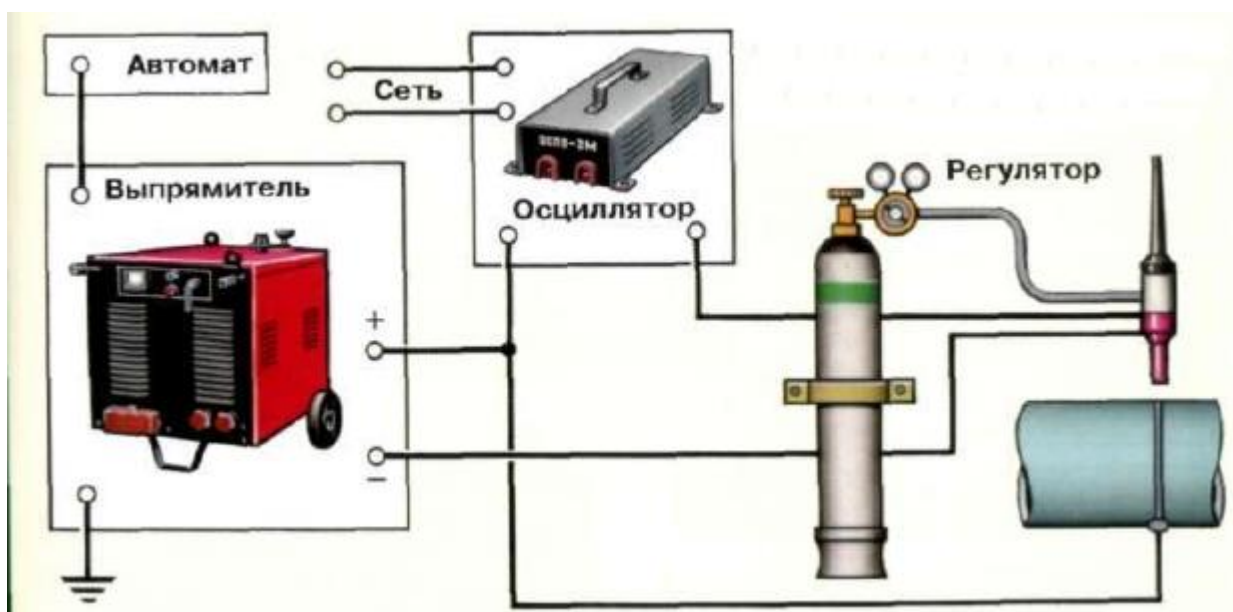


Рисунок 6 – Схема выполнения сварки неплавящимся электродом в защитных газах

Проведённый анализ преимуществ и недостатков рассмотренных способов ремонтной сварки позволяет для построения проектной технологии применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

При построении проектной технологии следует предусмотреть меры по повышению эффективности выбранного способа сварки за счёт устранения его недостатков, которые были отмечены выше.

2.2 Выбор сварочных материалов

Применительно к механизированной сварке в защитном газе проволокой сплошного сечения сварочными материалами являются:

- защитный газ (или смесь защитных газов);
- сварочная проволока.

Выбор защитного газа оказывает существенное влияние на качество сварного шва. При механизированной сварке возможно применение следующих газов [27], [32], [34]:

- чистый углекислый газ;
- чистый аргон;
- смесь защитных газов.

Для чистого углекислого газа (CO_2) характерна меньшая производительность сварки и наплавки. Это объясняется тем, что в процессе сварки углекислый газ вступает в химическую с химическими элементами, содержащимися в стали. При этом образуется шлак. Таким образом, сварочная проволока при сварке в чистом углекислом газе должна содержать больше раскисляющих элементов (марганец и кремний).

Ещё одной особенностью сварки в чистом углекислом газе является меньшая зависимость качества сварки от подготовки поверхности деталей, что важно при проведении ремонтной сварки. Это объясняется тем, что углекислый газ вступает в реакцию с поверхностными загрязнениями и интенсивно их окисляет. Однако из-за этого при сварке в углекислом газе образуется больше сварочного аэрозоля.

Также при сварке в углекислом газе наблюдается лучшее зажигание дуги, что объясняется более низким потенциалом ионизации по сравнению с аргоном.

Теплопроводность углекислого за также существенно выше, чем теплопроводность аргона, поэтому глубина проплавления при сварке в углекислом газе будет выше.

При сварке в углекислом газе склонность к образованию пор меньше, чем при сварке в аргоне. Это объясняется размерами капель расплавленного металла, при сварке в аргоне они существенно меньше, что приводит к увеличению площади капель и растворимости в них газов.

При сварка в углекислом газе жидкотекучесть расплавленного металла существенно меньше. С одной стороны, это позволяет удерживать ванну расплавленного металла в положениях, отличных от нижнего. С другой стороны, усложняется формирование перехода от сварного шва к основному металлу по сравнению со сваркой в аргоне.

При сварке в аргоне наблюдается значительно меньший уровень разбрызгивания электродного металла, чем при сварке в углекислом газе. Это положительно сказывается на внешнем виде сварных соединений и позволяет повысить производительность, так как устраняется необходимость устранения капель расплавленного металла с поверхности изделия.

На основании вышеизложенного для сварки применим смесь защитных газов аргон + углекислый газ, которая сочетает в себе положительные свойства аргона и углекислого газа. Для выполнения сварочных работ применим смесь Ar/CO_2 в соотношении 75/25.

В качестве электродной проволоки при сварке стали 10ХСНД могут быть применены такие проволоки, как [25]:

- Св-08ГСМТ (предупреждает появление горячих трещин);
- Св-08ХЗГ2СМ (при многослойной сварке и упрочняющей термической обработке);
- Св-18ХГСА;
- Св-10ГСМТ.

Проволока Св-08ГСМТ позволяет уменьшить вероятность возникновения в сварном шве горячих трещин. Применение проволоки Св-08ХЗГ2СМ оправданно при многослойной сварке и проведении упрочняющей термической обработки. При сварке проволоками Св-18ХГСА и Св-10ГСМТ вероятность появления горячих трещин повышается.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в проволоке Св-08ГСМТ

«С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti» [25]
0,06-0,11	0,40-0,70	1,0-1,3	<0,30	<0,30	0,2-0,4	0,05-0,12

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла при сварке проволокой Св-08ГСМТ

Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Предел прочности σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Ударная вязкость KCV	
			°С	Дж/см ²
448	560	24	-20 °С	80
			-40 °С	60

Для построения проектной технологии ремонтной сварки применим проволоку Св-08ГСМТ, состав химических элементов в которой представлен в таблице 3, а свойства наплавленного металла – в таблице 4.

2.3 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

Повышению эффективности механизированной сварки в защитных газах посвящено множество работ. В настоящее время работы проводятся в двух направлениях. Первое направление – сварка с импульсной подачей сварочной проволоки [14], [23], [35]. Второе направление – обеспечение управляемого переноса электродного металла за счёт применения импульсной дуги [24]. [33], [36].

Перспективным следует признать направление, предусматривающее разработку импульсных источников питания сварочной дуги, применение которых позволяет:

- обеспечить направленный перенос электродного металла при сварке;
- возможность получения качественных соединений при сварке во всех пространственных положениях;
- существенно уменьшить потери металла на угар и разбрызгивание;
- повысить стабильность качества сварных швов и их внешний вид.

Разработки в данной области ведутся всеми современными производителями сварочного оборудования [30]: Lincoln Electric (процесс STT), Fronius International GmbH (процесс CMT - Cold Metal Transfer), KEMPPI (процесс FastROOT), EWM (процесс Force Arc).

Управляемый перенос электродного металла предусматривает несколько временных промежутков. На первом временном промежутке торец электрода интенсивно расплавляется, в результате силового воздействия сварочной дуги происходит вытеснение металла сварочной ванны в её хвостовую часть. Далее происходит уменьшение тока сварки, что снижает скорость правления электрода и силовое воздействие на сварочную ванну, которая заполняет кратер под торцом электрода. Капля электродного металла при этом занимает соосное с электродом положение.

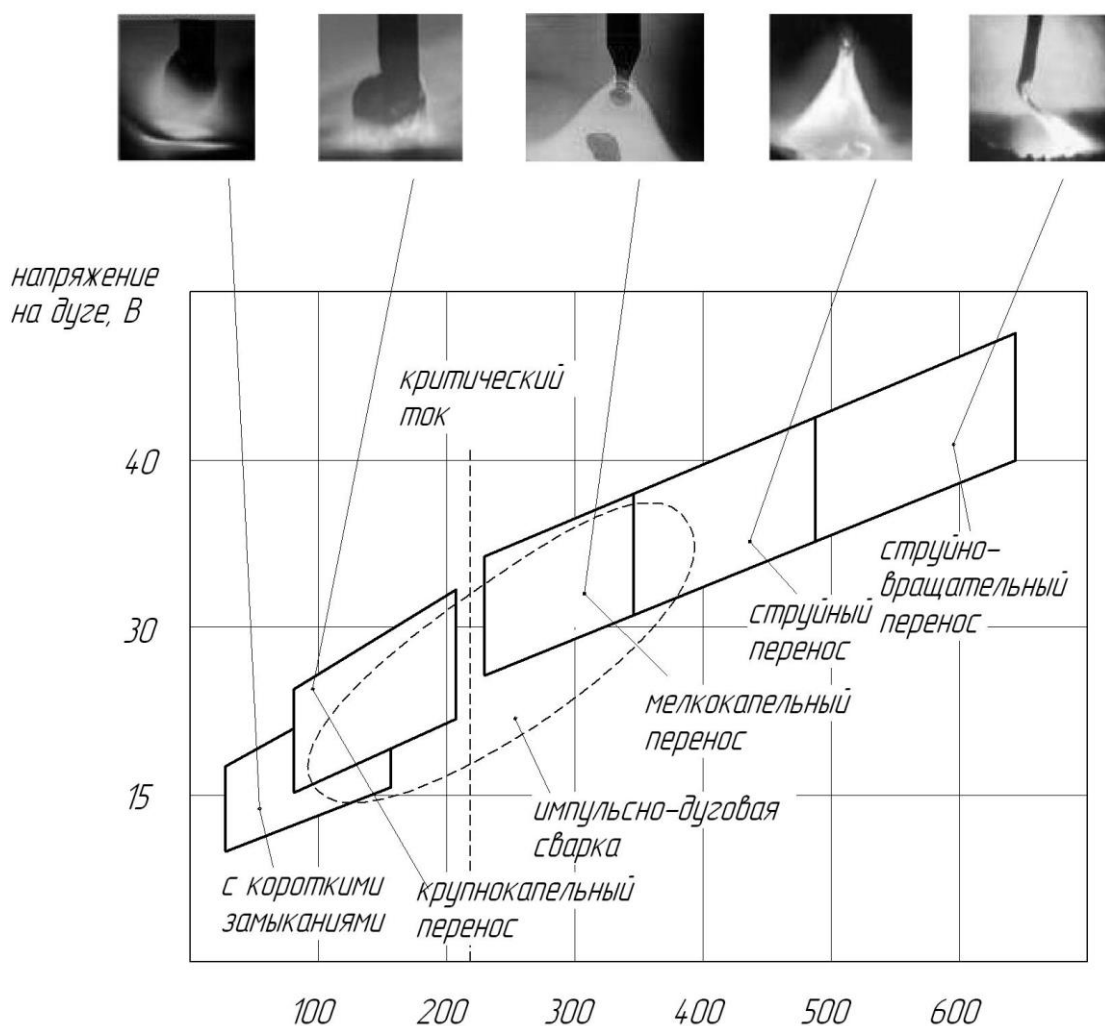


Рисунок 7 – Типы горения дуги при механизированной сварке в среде защитных газов [30]

Предлагаемое устройство для импульсного управления сварочной дугой, представленное на рисунке 8, состоит из «источника 1 постоянного тока, к положительному выводу которого включены последовательно установленные коммутирующий дроссель 2, силовой тиристор 3, шунтированный резистором 4, и сварочный дроссель 5, а общая точка соединения силового тиристора 3 и сварочного дросселя 5 подключена к отрицательному выводу источника 1 через цепочку из последовательно соединенных диодов 6 и 7, включенных в обратном направлении» [9], [15].

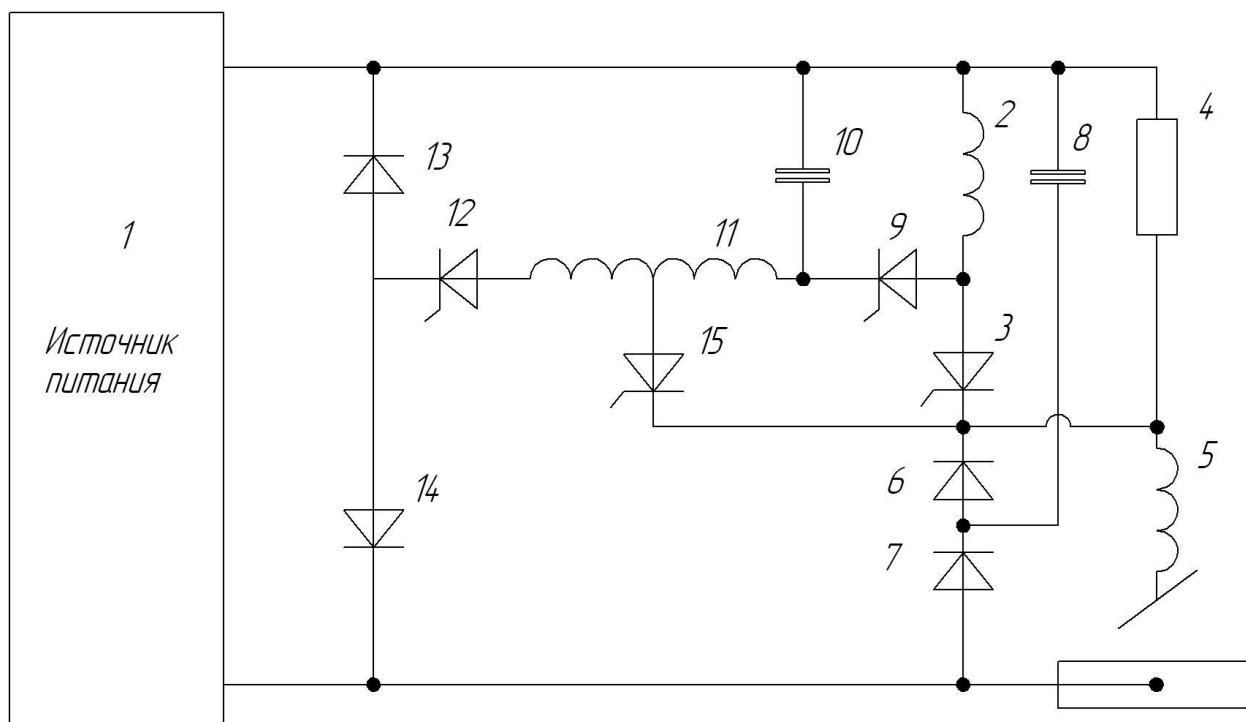


Рисунок 8 – Предлагаемое устройство для импульсного управления сварочной дугой

В режиме горения дуги «процесс перезаряда коммутирующего конденсатора 10 от источника питания 1 задерживается и совмещается с технологически необходимым импульсом тока через дуговой промежуток. При этом перезаряд осуществляется через дополнительный зарядный тиристор 15. Перезаряд осуществляется по цепи: плюс источник питания 1 - коммутирующий конденсатор 10 - секция зарядного дросселя 11 - дополнительный зарядный тиристор 15 - сварочный дроссель 5 - дуговой

промежуток - минус источник питания 1. Момент включения тиристора 15 определяется схемой управления из технологических условий» [9], [15].

На рисунке 9 представлены осциллограммы тока и напряжения при сварке с применением предложенного устройства импульсного управления сварочной дугой.

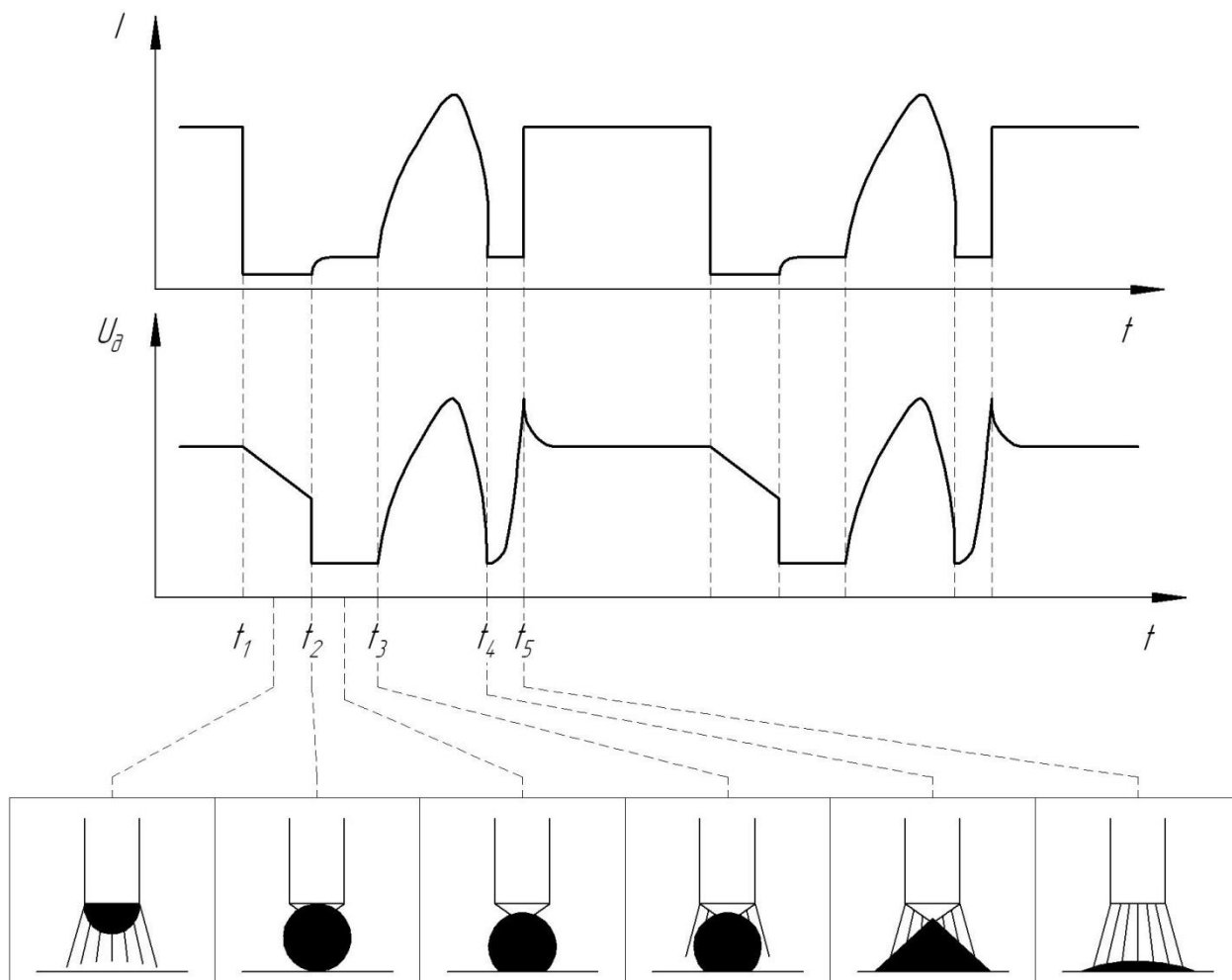


Рисунок 9 – Осциллограммы тока и напряжения при импульсной сварке с применением предлагаемого устройства

В результате применения предлагаемого устройства импульсного управления сварочной дугой значительно расширяются технологические и функциональные возможности сварки, повышается качество сварных соединений.

2.4 Технология ремонтной сварки при заварке трещин в несущих конструкциях порталных кранов

Проектная технология ремонтной сварки несущей конструкции порталного крана предусматривает последовательное выполнение следующих операций:

- зачистка трещины от грязи и краски,
- разделка кромок трещины,
- заполнение разделки,
- контроль качества.

Перед выполнением заварки трещины следует зачистить поверхность конструкции на ширину 20 мм в обе стороны от обнаруженной трещины, удаляя загрязнения и краску. Для этого применяется угловая шлифовальная машинка. Расположение концов трещины обнаруживают визуально. В случае необходимости для обнаружения концов трещины можно применить различные методы неразрушающего контроля: магнитная или цветная дефектоскопия.

После выполнения зачистки необходимо засверлить концы трещины. Для этого применяется сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30, представленный на рисунке 10-а. Диаметр сверления 8...10 мм. Засверливание следует выполнять на расстоянии половины диаметра сверла от видимого конца трещины.

После выполнения зачистки и засверливания следует подготовить кромки трещины. Для этого выполняют разделку с применением аппарата воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND, представленного на рисунке 10-б. Геометрия разделки должна соответствовать требованиям к разделке С17 по ГОСТ 14771-78, представленным на рисунке 11.

Параметры плазменной строжки:

- давление газа 4 атм.,
- сила тока 120...130 А,

- напряжение 170...180 В,
- скорость реза 0,6...0,7 м/мин.

Для выполнения заварки трещины применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506, представленный на рисунке 10-в, и механизм подачи проволоки ПДГ-525, представленный на рисунке 10-г.

Для сварки применяется проволока Св-08ГСМТ диаметром 1,6 мм. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. Параметры режима сварки: сила сварочного тока – 350...400 А, напряжение на дуге – 32...36 В, расход газовой смеси – 12...18 л/мин.



Рисунок 10 – Применяемое оборудование: сверлильный станок (а), плазменный резка (б), сварочный выпрямитель (в), механизм подачи (г)

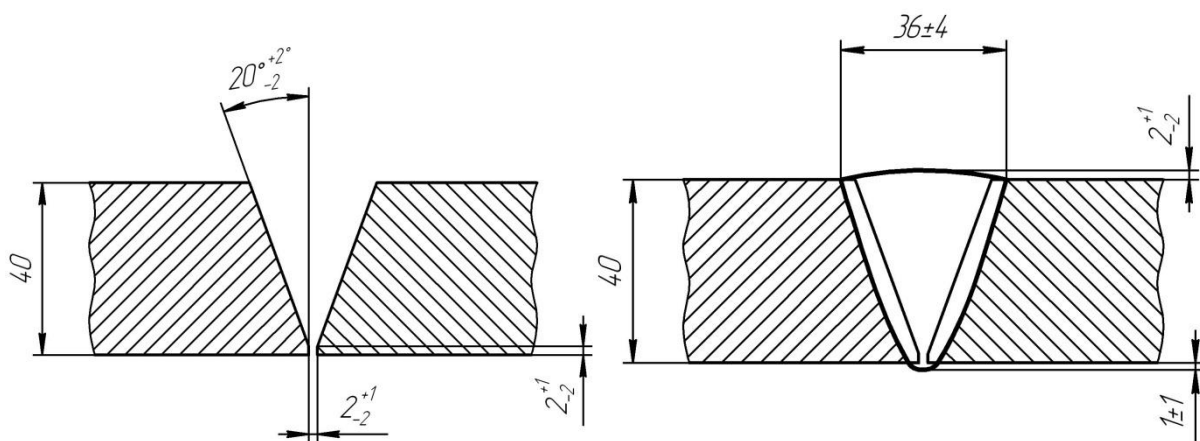


Рисунок 11 – Подготовка кромок под сварку и вид сварного соединения

После выполнения заварки трещины необходимо выполнить зачистку поверхности сварного шва заподлицо с основным металлом. При этом следует соблюдать направление рисок от шлифовки, которые должны располагаться вдоль предполагаемых силовых воздействий.

После заварки трещины необходимо выполнить контроль качества. Сразу после сварки выполняют визуальный контроль, объём которого составляет 100 % поверхности шва. При этом применяется лупа с 4-х кратным увеличением. Недопустимы следующие дефекты:

- занижение или завышение размера сварного шва;
- резкий переход от сварного шва к основному металлу;
- наплывы;
- незаполнение разделки шва;
- подрезы основного металла более 1 мм;
- непровар корня шва глубиной более 3 мм;
- незаваренные кратеры;
- грубая чешуйчатость;
- трещины всех видов и направлений;
- поверхностные раковины и поры диаметром более 1,5 мм.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки при заварке трещин на несущих конструкциях порталных кранов. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [9], [15]. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

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

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [10].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология ремонтной сварки несущих металлических конструкций грузоподъемной техники.

Базовая технология заварки трещина на несущих конструкциях порталного крана предусматривает применение ручной дуговой сварки.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

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

Таблица 5 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
- «подготовка трещины	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок	- СОЖ, - круги абразивные, - рукавицы, - ветошь
- разделка трещины	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125	- щётка металлическая, - вода техническая
- сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, - формирователь импульсов сварки, - сварочный полуавтомат ПДГ-525	- сварочная проволока Св-08Г2СМТ, - лигосульфат, - углекислый газ
- контроль качества» [2]	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

Анализ данных в таблице 5 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Первой операцией является подготовка трещины, для этого применяется угловая шлифовальная машинка. Расположение концов трещины обнаруживают визуально. Для засверливания концов трещины применяется сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30. Второй операцией является разделка трещины. Для её выполнения применяется аппарат плазменной строжки Powermax 125. Третьей операцией является заполнение разделки трещины. Для её выполнения применяется выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, формирователь импульсов сварки, сварочный полуавтомат ПДГ-525. Четвёртой операцией является контроль качества. Для её выполнения применяется дефектоскоп, лупа, шаблон сварщика.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

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

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1) подготовка трещины	<ul style="list-style-type: none">- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	<ul style="list-style-type: none">- машина угловая шлифовальная,- магнитный сверлильный станок
2) разделка кромок	<ul style="list-style-type: none">- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;- нагрев поверхности деталей до высоких температур;- инфракрасное излучение	<ul style="list-style-type: none">- выпрямитель дуговой сварки ВД-252,- аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125
3) сварка	<ul style="list-style-type: none">- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;- нагрев поверхности деталей до высоких температур;- инфракрасное излучение;- ультрафиолетовое излучение	<ul style="list-style-type: none">- выпрямитель дуговой сварки ВД-252,- формирователь импульсов сварки,- сварочный полуавтомат ПДГ-525
4) контроль качества	<ul style="list-style-type: none">- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;- ультразвуковое излучение	<ul style="list-style-type: none">- дефектоскоп

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

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

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

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

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

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

Таблица 7 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

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

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

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

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

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

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

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

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

Таблица 8 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

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

Таблица 9 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

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

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

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

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

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

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

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная сварка металлических несущих конструкций	- подготовка - разделка кромок - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

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

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

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

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

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки изделия.

В проектной технологии применяются ремонтные технологии с применением механизированной сварки, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

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

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

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных операций при выполнении ремонта несущих металлических конструкций грузоподъёмной техники.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;

- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [10].

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

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	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	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	100 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	12	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	100	100
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/м ²	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [10]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

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

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

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

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

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

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

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

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

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

Полученная величина фонда времени работы технологического оборудования будет использована при дальнейших экономических расчётах.

4.3 Расчёт штучного времени

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 9 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 3 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 5 \text{ ч.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/9 = 228 \text{ дефектов за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/5 = 410 \text{ дефектов за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии Пг = 200 стыков за год.

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{9 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,4$$

$$n_{расч.п} = \frac{5 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,2$$

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

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,4/1 = 0,4; Kзп = 0,2/1 = 0,2.$$

Полученные коэффициенты загрузки будут использованы далее.

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – штучные электроды для ручной дуговой сварки, а в проектном варианте технологии – сварочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с

учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-з}, \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{\text{баз.}} = 354,00 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 412,00 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{баз.}} = 78,00 \text{ р/кг} \cdot 1,0 \text{ см}^2 \cdot 50 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 16 \text{ руб.} = 55,00 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{\text{шт}}$ и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ с учётом коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат к заработной плате:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 9 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3384 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1880 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 3384 \cdot 12 / 100 = 406 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 1880 \cdot 12 / 100 = 226 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 3384 + 406 = 3790 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 1880 + 226 = 2106 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 3790 \cdot 34 / 100 = 1289 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 2106 \cdot 34 / 100 = 716 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 5 / 2054 / 100 = 52 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 125 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 5 \cdot 12 \cdot 3,2 / 0,7 = 274 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 3 \cdot 20 \cdot 3,2 / 0,85 = 226 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$З_{\text{об баз.}} = 52 + 274 = 326 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 125 + 226 = 351 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы $\Phi ЗП$, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 412 + 3790 + 1289 + 326 = 5817 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 55 + 2106 + 716 + 351 = 3228 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5817 + 1,5 \cdot 3384 = 5817 + 5076 = 10893 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 3228 + 1,5 \cdot 1880 = 3228 + 2820 = 6048 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной

платы $Z_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{\text{цех}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 10893 + 1,15 \cdot 3384 = 10893 + 3892 = 14785 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 6048 + 1,15 \cdot 1880 = 6048 + 2162 = 8210 \text{ руб.}$$

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

Таблица 14 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. «Затраты на материалы	М	412	55
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	3790	2106
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	1289	716
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	326	351
5. Величина технологической себестоимости	Стех	5817	3228
6. Объём цеховых расходов	Рцех	5076	2820
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	10893	6048
8. Объём заводских расходов	Рзав	3892	2162
9. Величина заводской себестоимости» [10]	$C_{\text{ЗАВ}}$	14785	8210

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

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

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

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 100000 - (100000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 57000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 57000 \cdot 0,4 = 22800 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{об. пр.}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{об.пр}} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 84000 \text{ руб.}$$

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

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

Величина затрат на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{дем}} = 100000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{соп}} = 20000 + 5000 = 25000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ.пр.}} = 84000 + 25000 = 109000 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{доп}} = 109000 - 22800 = 86200 \text{ руб.}$$

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

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_{Г}}, \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 22800/100 = 228 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 109000/100 = 1090 \text{ руб./ед.}$$

Полученные расчётные значения удельных капитальных вложений по базовому и проектному вариантам применим в дальнейших расчётах.

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{9 - 5}{9} \cdot 100\% = 44\%$$

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

$$П_{Т} = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Pi_T = (100 \cdot 44) / (100 - 44) = 78 \%$.

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (5817 - 3228) \cdot 100\% / 5817 = 44\%.$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_T. \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (14785 - 8210) \cdot 100 = 657500 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \text{Э}_{\text{у.г.}} \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $T_{\text{ок}} = 86200 / 657500 = 0,2$ года

Годовой экономический эффект Э_T , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\text{Э}_T = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\text{Э}_T = 657500 - 0,33 \cdot 86200 = 629054$ руб.

Таким образом, рассчитанный экономический эффект составляет порядка 0,6 млн. рублей в год.

Выводы по экономическому разделу

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных операций при ремонте несущих металлических конструкций грузоподъемной техники.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки при заварке трещин на несущих конструкциях порталных кранов. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 44 %, а производительность труда увеличилась 78 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 44 %.

Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,7 млн. рублей. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,6 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки несущих металлических конструкций грузоподъёмной техники.

Базовая технология заварки трещина на несущих конструкциях portalного крана предусматривает применение ручной дуговой сварки. Базовая технология имеет следующие недостатки:

- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;

- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки при заварке трещин на несущих конструкциях portalных кранов. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая зачистку, засверливание, разделку кромок, заполнение разделки, контроль качества.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-

технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

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

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

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 44 %, а производительность труда увеличилась 78 %.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,6 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

На основании вышеизложенного цель выпускной квалификационной работы может считаться достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы предлагаются к использованию на предприятия, проводящих ремонт грузоподъёмной техники

Список используемой литературы и используемых источников

1. Баурова Н. И. Методы неразрушающего контроля при диагностировании металлоконструкций // Механизация строительства. 2009. № 12. С. 21–23.
2. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. Пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
3. Блехерова Н. Г. Прохоров В. В. Пискорский П. В., Глушак Н. В. Автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой. Преимущества процесса // Территория НЕФТЕГАЗ. 2012. № 6. С. 94–95.
4. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Гохберг М. М., Семёнов В. П. Усталостные разрушения в металлических конструкциях кранов // Труды ЛПИ, 1954. №. 3. С. 110–118.
6. Емельянова Г. А. Методология повышения надёжности грузоподъёмного оборудования при обеспечении требуемых критериев риска : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.02. М. : Московский гос. ун-т. путей сообщения, 2016.
7. Коновалов Н. Н. Обоснование норм дефектности сварных соединений грузоподъёмных кранов // Известия Томского политехнического университета. 2004. № 7. С. 103–105.
8. Котельников, В.В. Разработка методики теплового контроля и диагностики технического состояния металлоконструкций мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.11. М. : Московский гос. тех. ун-т. им. Н. Э. Баумана, 2009.
9. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO_2 в щелевую разделку при импульсном питании : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет, 2003.

10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Москвин, П. В. Разработка методики прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций с использованием датчиков деформации интегрального типа на примере мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06, 05.02.11. Челябинск: Курганский гос. ун-т, 2007.
12. Нургужин, М. Р. Разработка методологических основ расчета характеристик живучести крановых металлоконструкций: дис. ... док. техн. наук. Караганда : Карагандинский гос. тех. ун-т, 1999.
13. Павленко, А. Н. Количественная оценка риска эксплуатации мостовых кранов по их фактической нагруженности : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05. Новочеркасск: Южно-Российский гос. техн. ун-т. 1999.
14. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е. А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2011. № 1 С. 35–36.
15. Патент № 2190510 РФ, МКИ В23К9/09. Устройство для сварки / Князьков А. Ф., Князьков С. А., Крампит Н. Ю. № 2000131040/02, заявл. 14.12.2000; опубл. 10.10.2002, 6 с.
16. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов А. Д. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
17. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.
18. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю., Рябцев И. А. Исследования и разработки ИЭС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

19. Пояркова Е. В. Кузеев И. Р., Авдонин А. М. Тотальный контроль ремонтно-монтажных работ крупногабаритной металлоконструкции // Вестник ТГУ. 2013. № 4. С. 1856–1858.
20. РД 24.090.52-90. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций : М.: ОАО ВНИИПТМАШ, 1990. 42с.
21. РД 03-246-98. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: М.: утв. Постановлением ГГТН РФ, 1998. № 64. 19 с.
22. РД 10-397-01. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений : М.: утв. Постановлением ГГТН РФ, 2001. № 2. 21 с.
23. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
24. Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Полетика И. М. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 34–38.
25. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. С.-П.: Лань, 2011. 272 с.
26. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
27. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов / под ред. В.М. Неровного. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 752 с.
28. Чепрасов Д. П., Петров В. П., Иванайский Е. А. Водородная хрупкость монтажных сварных соединений мостовых конструкций из сталей 10ХСНДА и 15ХСНДА // Сварочное производство. 2003. № 3. С.12–16
29. Шлепаков В. Н. Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

30. Юшин, А.А. Разработка критериев оценки сварочных свойств установок для дуговой сварки с управляемым каплепереносом: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Москва: МГТУ им. Н.Э Баумана. – 2012.

31. Яковлев Д.С. Анализ различных типов сварочных проволок для сварки трубных сталей при толщинах стенки труб более 25 мм // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 39. С. 157–159.

32. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

33. Dorling, D. Applying pulsed GMA welding to pipeline construction // Welding Journal 1992. № 10. P. 39–44.

34. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.

35. Yamamoto T. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. 2002. № 4. P. 260–264.

36. Wang, F., Hou W. K., Hu S. J. Modeling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // J. Phys. D: Applied Physics. 2003. vol. 36. P. 1–19.