

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для ремонтной сварки
концевой балки мостового крана

Студент

К.А. Пospelова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Изношенность элементов технических систем и оборудования является основным фактором, сдерживающим экономический рост любого предприятия и экономики страны в целом. В наследие от СССР нашей стране досталось большое количество техники, которая продолжает эксплуатироваться и поныне. К такой технике можно отнести грузоподъёмную технику, металлообрабатывающие станки, транспорт, срок службы которой составляет 30 лет и более.

На основании вышеизложенного можно судить об актуальности цели выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

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

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

Для повышения технологических свойств механизированной сварки предложена разработка отечественных учёных-сварщиков. Производительность сварки будет повышена в два раза.

Анализ особенностей проектного технологического процесса позволил идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство даёт экономический эффект 0,6 млн. рублей.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана.	7
1.1 Описание конструкции, условий эксплуатации и характера возникающих разрушений.	7
1.2 Сведения о материале изделия и анализ его свариваемости.	11
1.3 Базовая технология ремонтной сварки.	16
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	22
2 Составление проектной технологии ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана	23
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки	23
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах.	29
2.3 Требования к подготовке дефектного места	34
2.4 Требования к сварочным материалам.	37
2.5 Требования к выполнению сварочных операций	39
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	42
3.1 Технологическая характеристика объекта	42
3.2 Идентификация профессиональных рисков	44
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	45
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	47
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	49
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	52
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	52
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	54
4.3 Расчет штучного времени	55
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	56

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	61
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	
Заключение	66
Список используемой литературы и используемых источников.	68

Введение

Изношенность элементов технических систем и оборудования является основным фактором, сдерживающим экономический рост любого предприятия и экономики страны в целом. В наследие от СССР нашей стране досталось большое количество техники, которая продолжает эксплуатироваться и поныне. К такой технике можно отнести грузоподъемную технику, металлообрабатывающие станки, транспорт, срок службы которой составляет 30 лет и более.

Порядка 38 % всей грузоподъемной техники приходится на мостовые краны [9]. При этом безопасность эксплуатации мостового крана и его ресурс определяют безопасность работы всего обслуживаемого краном технологического участка. Работа мостового крана сопровождается интенсивным износом его элементов, происходит накопление повреждений в металлических конструкциях крана, которые, если их не устранять, могут привести к авариям с серьезными последствиями. В настоящий момент большинство мостовых кранов работают с продленным сроком службы, т.е. нормативный срок их службы давно истек [15].

Наиболее ответственной и металлоёмкой частью мостового крана является его несущая металлическая конструкция. Её нельзя заменить или продублировать. Поэтому ресурс крана определяется ресурсом его несущей металлической конструкции, а безопасность эксплуатации крана определяется состоянием несущей металлической конструкции. Аварии кранов происходят в основном по причине разрушения их металлоконструкций [12]. При этом наиболее ответственной их частью является место выполнения сварного шва, на долю разрушений в котором приходится порядка 90 % всех аварий [17].

Значительная часть разрушений происходит в узлах, которые имеют нерациональное конструктивное исполнение и содержат концентраторы напряжений. Работа элементов грузоподъемной техники возможна после того, как проведён качественный ремонт узла [8], [28].

При анализе работоспособности длительно эксплуатируемой грузоподъемной техники установлено, что к моменту окончания нормативного срока службы [21], [22], [23] рано судить об исчерпании ресурса металлических конструкций кранов. Безопасная эксплуатация крана может быть продолжена, если соблюдать условия выполнения качественного ремонта при исправлении дефектов в несущей металлической конструкции.

Как показывает практика эксплуатации кранов, треть всех аварий происходит по причине разрушения несущих элементов вследствие усталостных повреждений конструкции [7], [11], [26].

Повышению эффективности ремонтной сварки ответственных металлических конструкций посвящены работы российских исследователей: «Винокуров В.А., Ишков А.М., Квагинидзе В.С., Кузьмин В.Р., Куркин С.А., Ларионов В.П., Николаев Г.А., Патон Е.О., Патон Б.Е, Слепцов О.И.» [7]

В настоящее время не разрешены трудности, сопровождающие ремонтную сварку элементов грузоподъемной техники.

Одной из проблемных частей при ремонте несущих металлических конструкций кранов является трещинообразование в местах выполнения сварных швов. Сварные швы являются концентраторами напряжений, их прочностные свойства могут существенно отличаться в худшую сторону от основного металла. Особенно это проявляется в сварных соединениях, выполненных с применением ручной дуговой сварки. Это обстоятельство следует учитывать при построении технологии ремонта металлических конструкций грузоподъемной техники с применением сварочных технологий.

На основании вышеизложенного можно судить об актуальности цели выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Выпускная квалификационная работа посвящена обзору современных достижений в области ремонтной сварки: технологий, оборудования и материалов.

1 Анализ современного состояния ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана

1.1 Описание конструкции, условий эксплуатации и характера возникающих разрушений

Составными частями мостового крана, представленного на рисунке 1, являются мост и крановая тележка. Мост осуществляет перемещения вдоль цеха, крановая тележка осуществляет перемещения по мосту. Работа крана управляется оператором, который располагается в кабине управления.

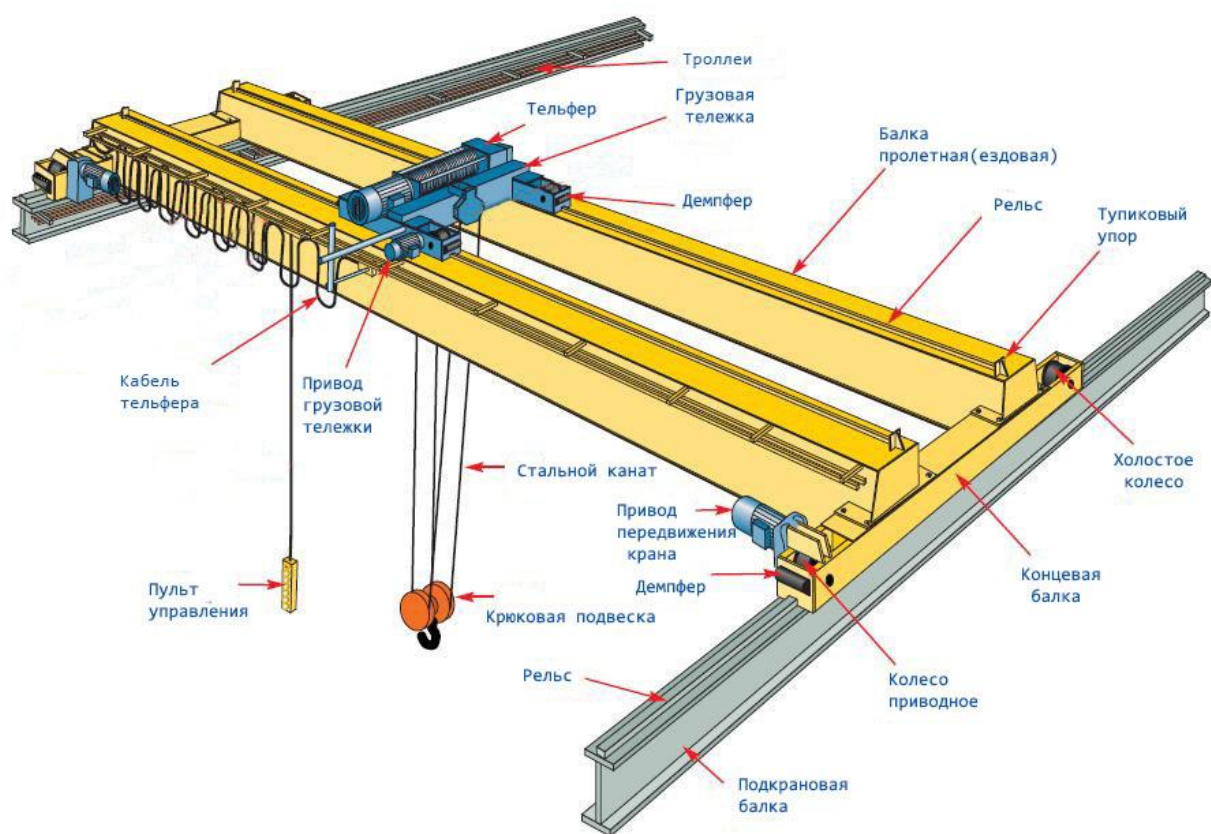
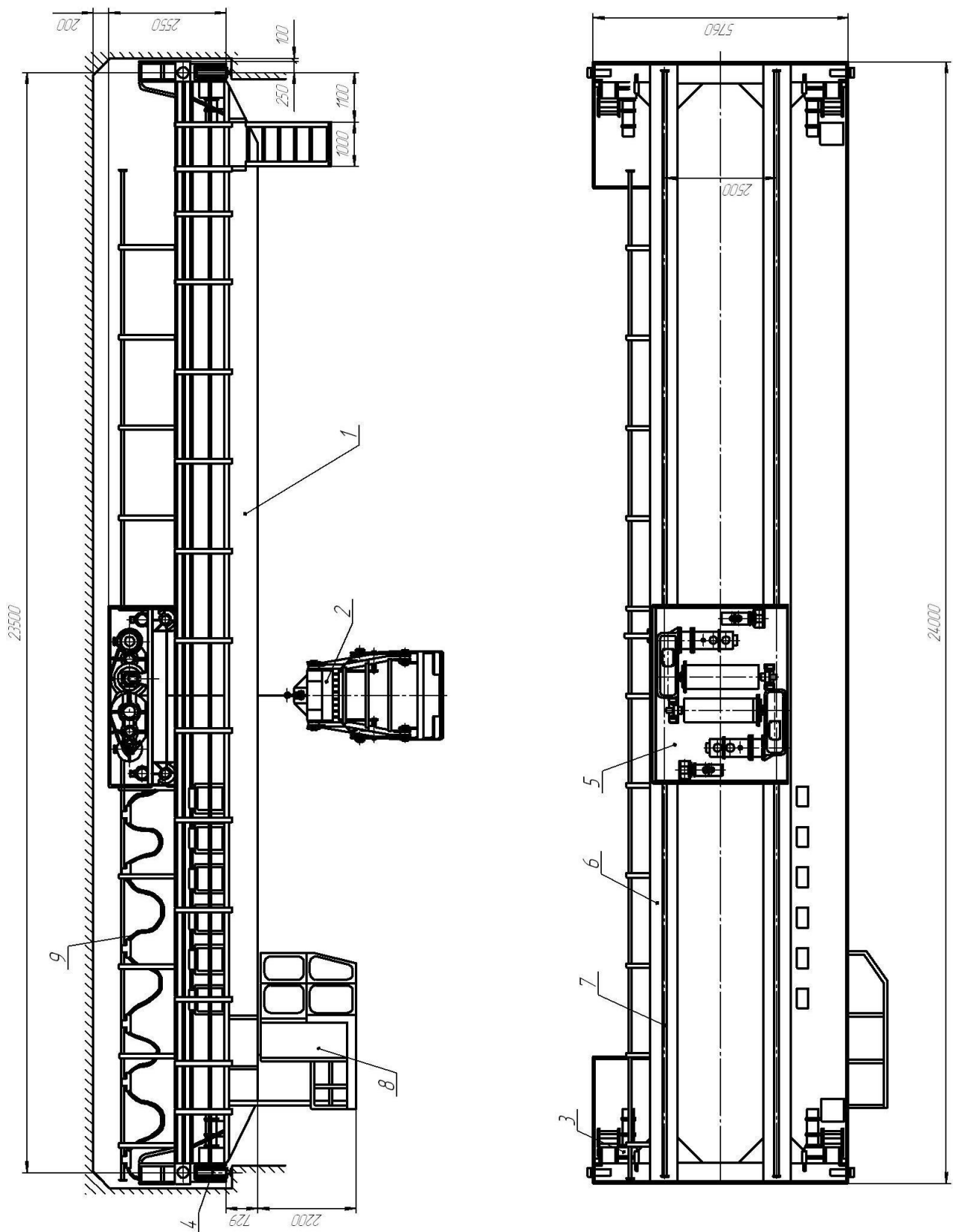


Рисунок 1 – Составные части мостового крана

Мост крана является самой массивной его частью, которая несёт на себе остальные элементы крана, представленные на рисунке 2: механизмы подъёма, грузовую тележку, кабину крана, кабельную гирлянду, привод крана.



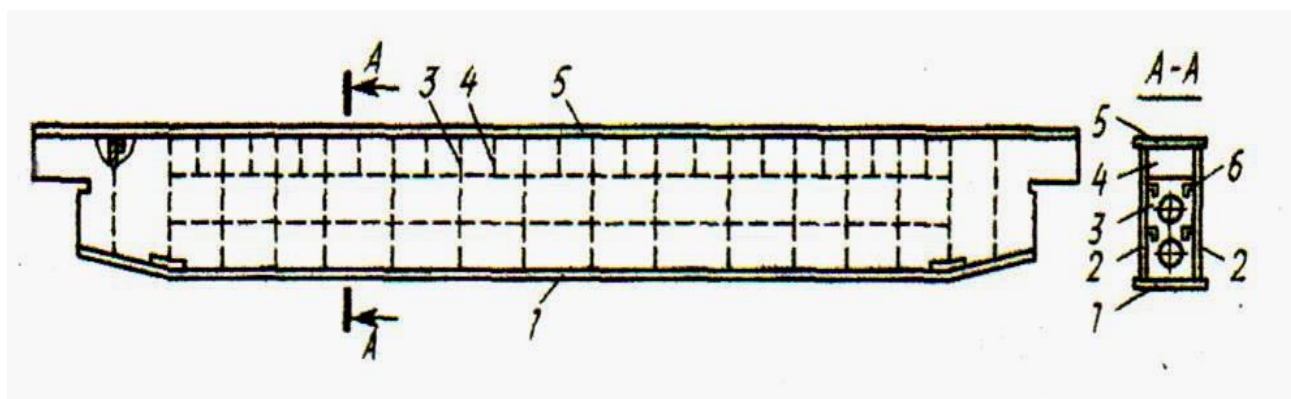
1 – мост, 2 – подъёмный механизм, 3 – привод крана, 4 – приводное колесо,
 5 – тележка, 6 – поперечная балка, 7 – крановый рельс, 8 – кабина крана,
 9 – силовой кабель

Рисунок 2 – Общий вид мостового крана

Мост крана воспринимает на себя всю нагрузку, которая приходится на кран, конструкция моста включает поперечные и продольные балки. Поперечные балки ещё называют «концевыми», а продольные – «ездовыми» или «пролётными».

Грузовая тележка крана перемещается по продольным балкам, которые расположены поперек пролета цеха. Для перемещения по ним грузовой тележки продольные балки снабжены рельсами. Продольные балки жёстко закреплены на поперечной балке, которая в свою очередь перемещается по подкрановой балке, для чего снабжены ходовыми колесами. Таким образом, весь мостовой кран держится на поперечных (концевых балках) и перемещается по подкрановой балке.

На рисунке 3 изображена концевая балка мостового крана. Для повышения жесткости концевая балка выполняется в виде сварной металлической конструкции. В процессе разгона и торможения мостового крана на верхний и нижний пояса концевой балки действуют повторяющиеся нагрузки. Применением больших и малых диафрагм на стенке концевой балки добиваются повышения её жесткости. Для повышения устойчивости стенок балки служат большие диафрагмы. Для ограничения деформации верхнего пояса при движении по нему грузовой тележки служат малые диафрагмы.



1 – нижний пояс; 2 - боковая вертикальная стенка; 3 – большая диафрагма;
4 – малая диафрагма; 5 – верхний пояс; 6 – уголок

Рисунок 3 – Концевая балка крана

При длительной эксплуатации мостового крана в его несущей конструкции возникают и развиваются усталостные трещины. Наиболее нагруженным участком является место соединения пролётных и концевых балок, представленное на рисунке 4. Уже в течение первых лет эксплуатации на концевых балках могут возникать трещины. Образование трещин происходит в сварном шве, далее трещины распространяются в основной металл.

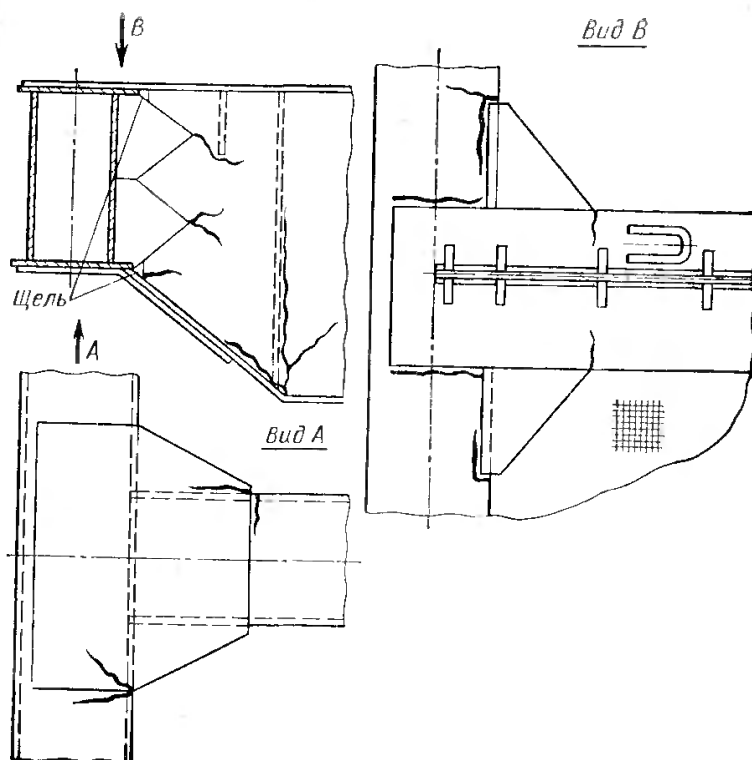


Рисунок 4 – Образование усталостных трещин в месте сопряжения пролётной и концевой балок

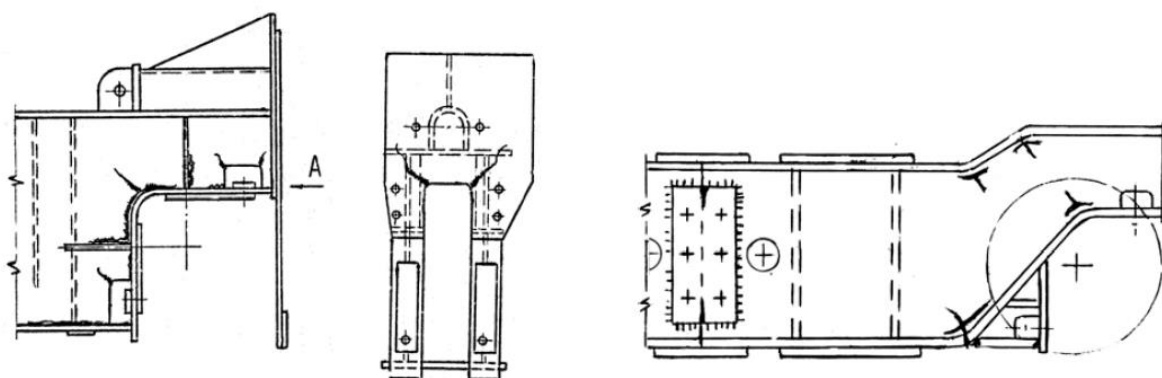


Рисунок 5 – Усталостные трещины в концевых балках

Совместная деформация элементов концевой балки приводит к образованию в ней значительных напряжений из-за различной жёсткости её составляющих. В результате в местах на концевой балке, показанных на рисунке 5, возникают усталостные трещины. Первоначально усталостная трещина располагается перпендикулярно поясу, по мере развития после прохождения по основному металлу 100...150 мм трещина начинает ветвиться [10]. Необходимо выполнять периодический осмотр опасных узлов несущей конструкции мостового крана на предмет обнаружения и своевременного устранения усталостных трещин.

1.2 Сведения о материале изделия и анализ его свариваемости

Несущие конструкции мостового крана изготавливаются из стали 09Г2С.

Содержание химических элементов в стали 09Г2С представлено в таблице 1.

Поскольку сталь 09Г2С обладает малым содержанием углерода, то она обладает хорошей свариваемостью. Конструкции, сваренные из этой стали, могут успешно эксплуатироваться при температурах от -70 °С до +450 °С. Из стали 09Г2С изготавливают заготовки для нефтехимической, строительной и добывающей промышленности. Правильное сочетание сварки и термической обработки позволяет изготавливать сварные конструкции высокого качества.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As» [27]
0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008

Сварку стали 09Г2С проводят как без предварительного подогрева, так и с подогревом до 100...120 °С. В процессе сварки стали не происходит её закалки или значительного увеличения зернистости. Также эта сталь не

склонна к отпускной хрупкости, проведение отпуска не приводит к снижению вязкости.

Сварку стали 09Г2С можно выполнять электродами, которые предназначены для сварки низколегированных и углеродистых сталей. Примером таких электродов являются электроды типа Э42А и Э50А [25], [27].

Следует отметить, что при сварке стали 09Г2С наблюдается незначительное упрочнение металла в зоне перегрева. Также необходимо принимать во внимание, что на участке рекристаллизации околошовной зоны может происходить снижение ударной вязкости.

При сварке конструкций из стали 09Г2С обеспечение равнопрочности сварного шва и основного металла выполняется за счёт легирования металла сварного шва марганцем и кремнием.

При увеличении скорости охлаждения сварного шва также повышается прочность соединения, но пластические свойства металла шва снижаются. Также увеличение скорости охлаждения приводит к снижению ударной вязкости металла сварного шва. Скорость охлаждения оказывает существенное влияние на свойства металла сварного шва при выполнении однопроходных швов и при выполнении последнего прохода в многопроходных швах.

Низкое содержание углерода в сварном шве обуславливает хорошую стойкость против кристаллизационных трещин, появление которых в основном возможно по причине неблагоприятной подготовки (глубокая и узкая разделка). Для того, чтобы предупредить образование в сварном шве пор и непроваров необходимо выполнять тщательную зачистку свариваемых кромок, удаляя ржавчину, масло и другие загрязнения.

Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С

Твёрдость	Предел прочности	Удельная теплопроводность	Удельная теплопроводность	Плотность	Температура плавления	Температуропроводность × 10 ⁻⁶
НВ	МПа	Вт/м·°С	Дж/кг·°С	кг/м ³	°С	м ² /с
≤240	490	43...80	494	7850	1350	11,08...20,6

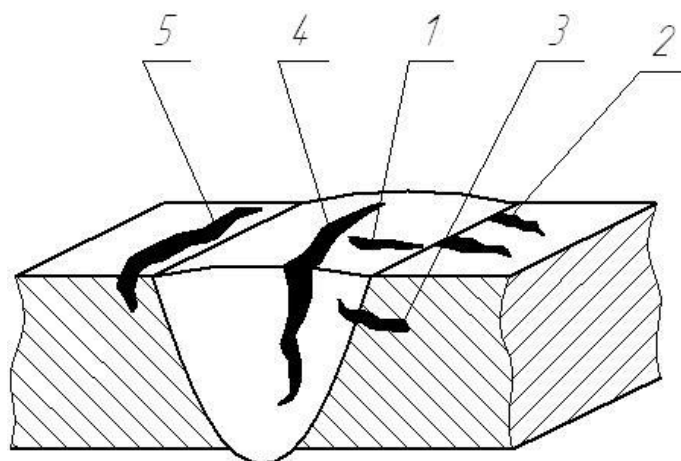
При сварке конструкций из стали 09Г2С могут возникать различные дефекты в виде пор, непроваров и горячих трещин [2], [4], [25].

Горячие трещины образуются вследствие того, что перегретый металл обладает пониженной деформационной способностью. Внешний вид горячих трещин представлен на рисунке 6. В момент кристаллизации металла сварочной ванны происходит уменьшение его объёма и образование растягивающих напряжений. Поскольку перегреты металл не обладает достаточной деформационной способностью, в нём под действием растягивающих напряжений образуются трещины.

Вероятность образования горячих трещин при сварке повышается, если сразу после сварки не была выполнена термическая обработка. Также на склонность к образованию горячих трещин отрицательно влияют концентраторы напряжений и высокая скорость сварки.

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 заглаживать кратеры, которые не разрешается выводить 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.

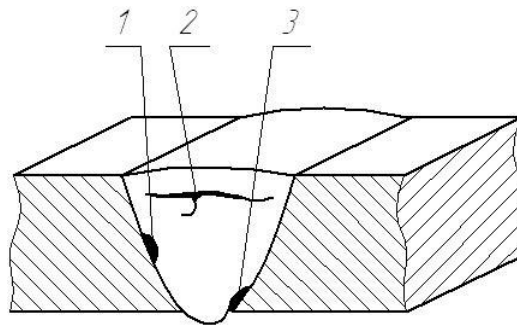


1, 2, 3 – поперечные горячие трещины; 4, 5 – продольные горячие трещины

Рисунок 6 – Виды горячих трещин при сварке

Непровары, представленные на рисунке 7, образуются вследствие нарушения техники сварки и при неправильном выборе параметров режима. Нарушение технологии зачистки кромок и сварка с малой погонной энергией приводит к повышению вероятности образования непроваров. Также образованию непроваров способствует направленно выполненная разделка кромок.

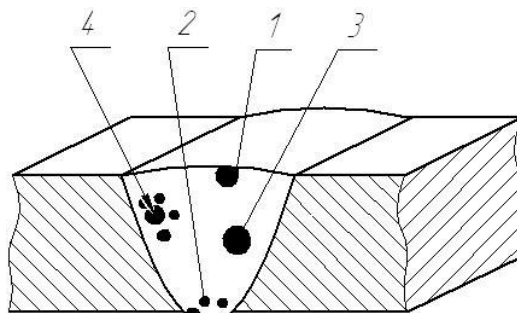
Для того, чтобы уменьшить образование непроваров при сварке, следует контролировать соблюдение параметров режима сварки, качество подготовки кромок. При выполнении многопроходных швов необходимо зачищать каждый сварочный валик, устраняя его выпуклость. В случае обнаружения несплавления следует выполнить его зачистку и повторную заварку.



1 – непровар по боковой стороне; 2 – непровар между валиками;
3 – непровар в корне шва

Рисунок 7 – Виды непроваров при сварке

Образование пор при сварке происходит по причине плохого качества подготовки кромок, нарушения техники сварки (увеличенная длина дуги, повышенная скорость сварки), применения электрода с большим диаметром, нарушения газовой защиты сварочной ванны. Также поры образуются при нарушениях, допущенных в процессе прокалки электродов перед сваркой. Виды пор представлены на рисунке 8.



1 - поверхностная пора; 2 - в корне шва;
3 - одиночная пора; 4 - скопление пор

Рисунок 8 – Виды пор при сварке

Уменьшение количества образующихся при сварке пор достигается применением электродов малого диаметра, прокалкой электродов в соответствии с инструкцией к ним, поддержанием правильно назначенных параметров режима сварки. Применять электроды со вздутым или осыпавшимся покрытием запрещено. Если при сварке обнаружен участок с недопустимыми порами, его следует вырубить и выполнить повторную заварку.

1.3 Базовая технология ремонтной сварки

При заварке трещины выполняют следующие операции:

- «зачищают трещину, удаляя грязь и краску;
- оценивают состояние трещины и её расположение;
- выполняют разделку трещины;
- заплавление разделки;
- контроль качества» [8].

При зачистке трещины удаляют загрязнения и краску с применением шлифовальной машинки и металлической щётки на ширину 20...25 мм от предполагаемых границ трещины.

При визуальном осмотре трещины определяют её пролегание, длину и расположение концов трещины. Если есть необходимость, расположение концов трещины можно уточнить с применением методов неразрушающего контроля.

Оценку ремонтпригодности трещины выполняют по анализу её длины и расположения на конструкции.

Заварку трещины длиной более 100 мм можно выполнять, если трещина пролегает параллельно сварному шву, а расстояние между сварным швом и трещиной не меньше 100 мм.

Заварку трещины длиной менее 100 мм можно выполнять, если трещина пролегает параллельно сварному шву, а расстояние между сварным швом и трещиной не меньше 20 мм, но не меньше толщины основного металла;

Заварку трещины выполнять нельзя, если она пересекает сварной шов.

После того, как расположение концов трещины определено, необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании концов трещины центр отверстия должен располагаться на расстоянии от конца в половину диаметра сверла.

Разделку кромок проводят по длине трещины под сварной шов С17 согласно ГОСТ 5264. В случае выхода трещины на край изделия, необходимо выполнить приварку заходной планки, как показано на рисунке 9

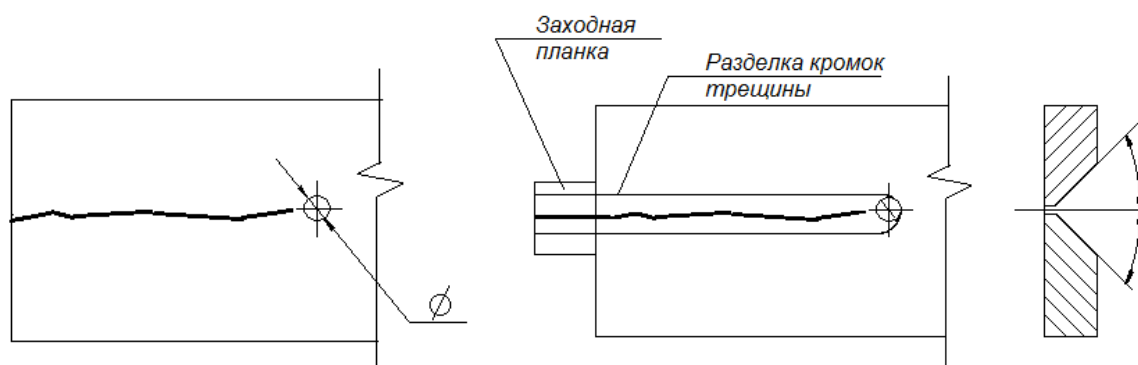


Рисунок 9 – Подготовка трещины к сварке и приварка заходной планки

Заплавление разделки трещины выполняют с применением ручной дуговой сварки электродами ОЗС-3 или УОНИ-13/55, характеристики которых представлены в таблице 3 и таблице 4. Параметры проковки электродов представлены в таблице 5.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в металле шва при сварке электродами УОНИ-13/55 и ОЗС-3

«Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	Mo	S+P
УОНИ 13/55	0,09	1,05	0,42	-	-	< 0,040
ОЗС-3	0,10	0,6	0,20	-	-	< 0,040» [8]

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла электродами УОНИ-13/55 и ОЗС-3

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость КСV
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	Дж/см ²
УОНИ 13/55	420	530	20	130, +20°C
ОЗС-3	390	490	27	140, +20°C

Таблица 5 – Параметры проковки электродов УОНИ-13/55 и ОЗС-3

Марка электрода	Температура проковки	Время проковки
УОНИ 13/55	380...420 °C	90...120 мин
ОЗС-3	150...170 °C	60...90 мин

После выполнения прокалики необходимо поместить прокаленные электроды в разогретую до 80...100 °С резервную печь. Выемку электродов из резервной печи выполняют непосредственно перед проведением сварки. В случае, если часть электродов не была использована, необходимо выполнить повторную прокалику этих электродов. Прокалику электродов можно повторять до трёх раз. В случае неиспользования электродов, которые были прокалены три раза, их следует признать негодными и утилизировать.

Для выполнения сварочных операций применяется выпрямитель ВД-252, который представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Сварочный выпрямитель сварочный ВД-252

Техника заполнения разделки должна предусматривать наложение валиков за несколько проходов, что позволяет избежать перегрева основного металла. Следует обеспечить плавный переход от наплавленного металла к основному, при ремонтной сварке недопустимо прекращение процесса, пока трещина полностью не заварена. Отверстия в концах трещины заплавлять не нужно. После того, как выполнена заварке трещины, необходимо провести механическую зачистку поверхности металла шва заподлицо с основным металлом.

Параметры режима ремонтной заварки трещины представлены в таблице 6. Диаметр электродов принимается 4 мм.

Таблица 6 – Параметры режима ремонтной заварки трещины с применением электродов УОНИ 13/55 и ОЗС-3 Ø 4 мм

Марка электрода	Положение сварного шва		
	нижнее	вертикальное	потолочное
УОНИ 13/55	130...160 А	120...150 А	120...150 А
ОЗС-3	200...240 А	180...200 А	180...200 А

Контроль качества выполняют визуально-измерительный по РД 03-606-03 (100 %) и ультразвуковой по ГОСТ 14782 (30 %).

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 ультразвукового 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 пяти 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 дугowymi способами. Допустимо применение плазменно-дугowych 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.

Для визуально-измерительного контроля применяется оборудование, которое представлено на рисунке 11-а. В состав комплекта для проведения

визуально-измерительного контроля входят: инструкция РД 03-606-03, лупа просмотровая с подсветкой 3,5х, лупы просмотровые 4х и 7х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, универсальный шаблон сварщика УШС-3, наборы щупов и радиусных шаблонов, маркер по металлу, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, фонарик, линейка металлическая Л-300 (300 мм), футляр для хранения, рулетка, угольник металлический.

Ультразвуковой контроль выполняют с применением дефектоскопа UCD-50, который представлен на рисунке 11-б. Также в набор для проведения ультразвукового контроля входит гель для УЗК и набор стандартных образцов.



Рисунок 11 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля (а) и ультразвукового контроля (б) сварных швов

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- 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.

Входя постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы сформулированы:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана;
- на основании анализа источников научно-технической информации составить перечень мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности и экономического эффекта при внедрении в производство.

2 Составление проектной технологии ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

Построение технологии выполнения ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана требует обоснования выбора способа сварки.

При выборе способа сварки необходимо руководствоваться:

- свойствами материала свариваемых деталей;
- толщиной свариваемых деталей;
- габаритами выполняемой конструкции;
- повышением производительности и снижением издержек при сварке конструкции.

Рассматриваемая конструкция выполнена из стали 09Г2С, 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 толщина деталей составляет 10...16 мм. Для такой толщины металла можно признать эффективными 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 мостового крана, 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 способы сварки, представленные на рисунке 12:

- 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.

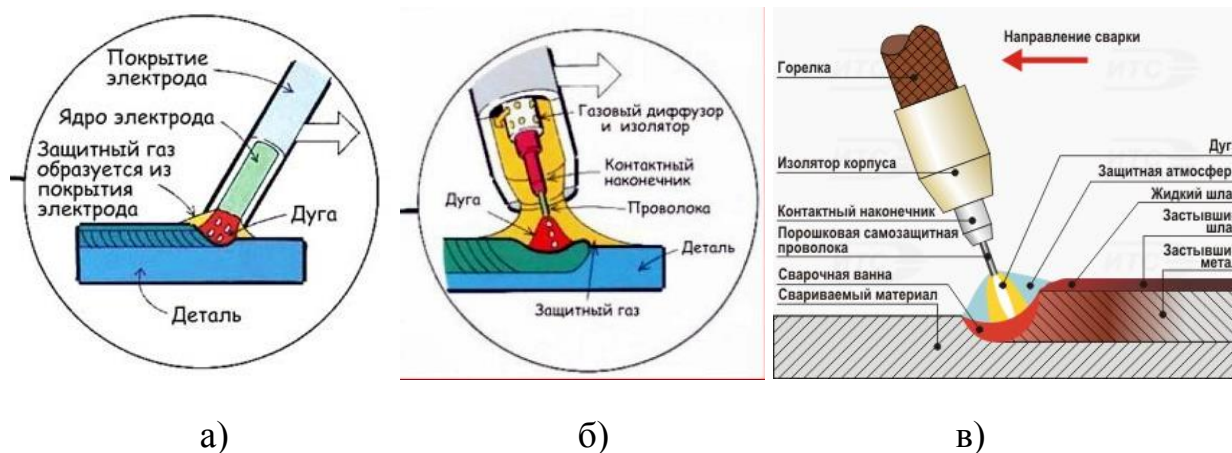


Рисунок 12 – Рассматриваемые способы ремонтной сварки: ручная дуговая (а), в защитном газе проволокой сплошного сечения (б), самозащитной порошковой проволокой (в)

Самым распространенным способом сварки в настоящее время можно считать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 12-а.

Ручная дуговая сварка имеет ряд преимуществ, которые позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности [3], [4], [16]:

- относительная дешевизна и простота сварочного оборудования;
- возможность проведения 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 [3], [4], [16]:

- 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 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 12-б, следует отметить [18], [19]:

- 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 [18], [19]:

- 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.

Расширенными технологическими возможностями обладает механизированная сварка порошковой проволокой в защитных газах [20], [24], преимуществами которой являются:

- 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 [30]:

- 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 [5], [24], [29]. Схема выполнения сварки представлена на рисунке 12-в. 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.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии предлагаем применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы следует предусмотреть меры по повышению эффективности выбранного способа сварки за счёт устранения его недостатков, которые были отмечены выше.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения характеризуется различными способами переноса электродного металла, главные из которых представлены на рисунке 13: капельный, струйный и короткими замыканиями [18], [19]. Значительное количество исследований направлено на уменьшение разбрызгивания и повышения стабильности каплепереноса [14].

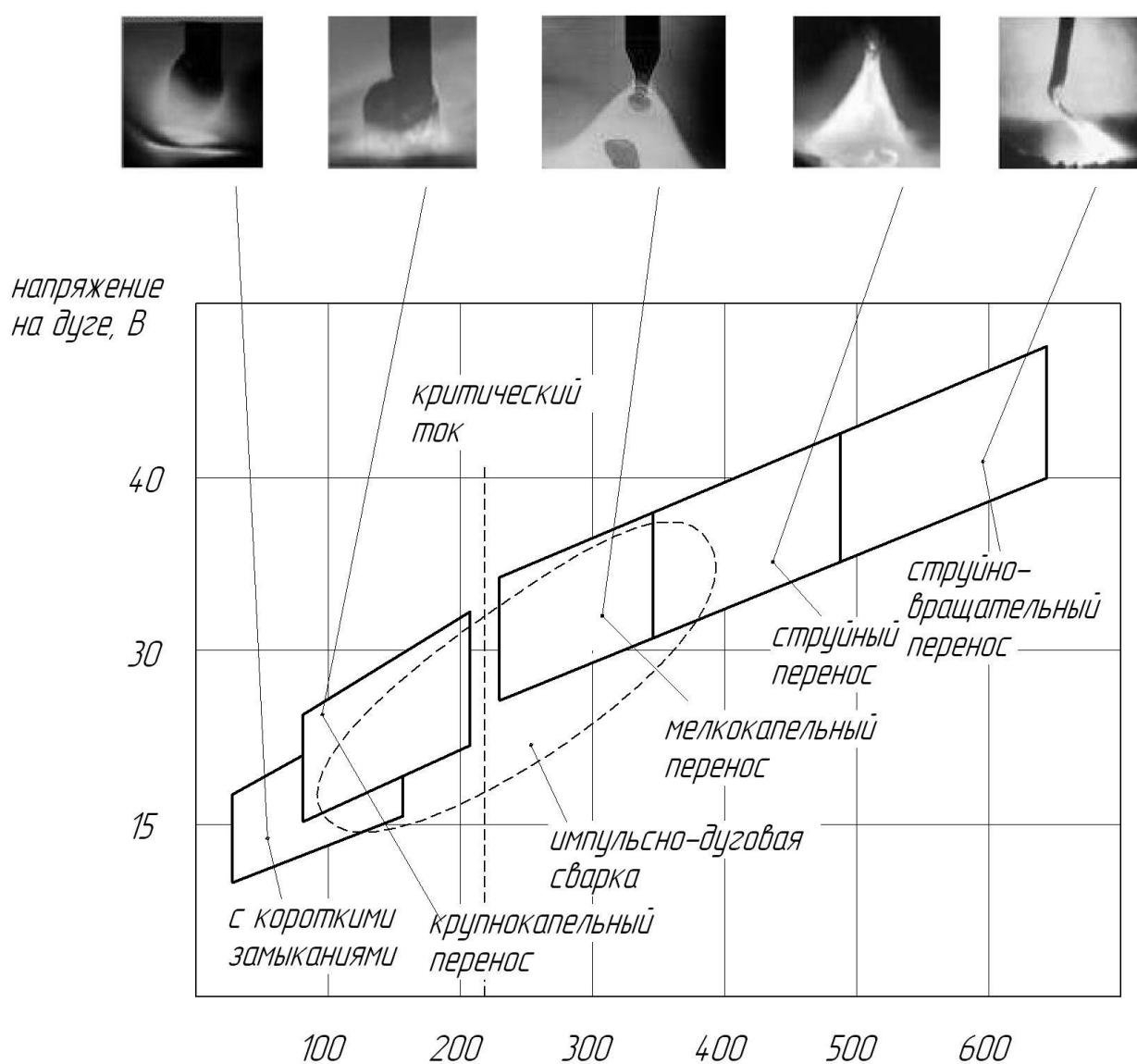


Рисунок 13 – Типы дуги при MIG/MAG сварке

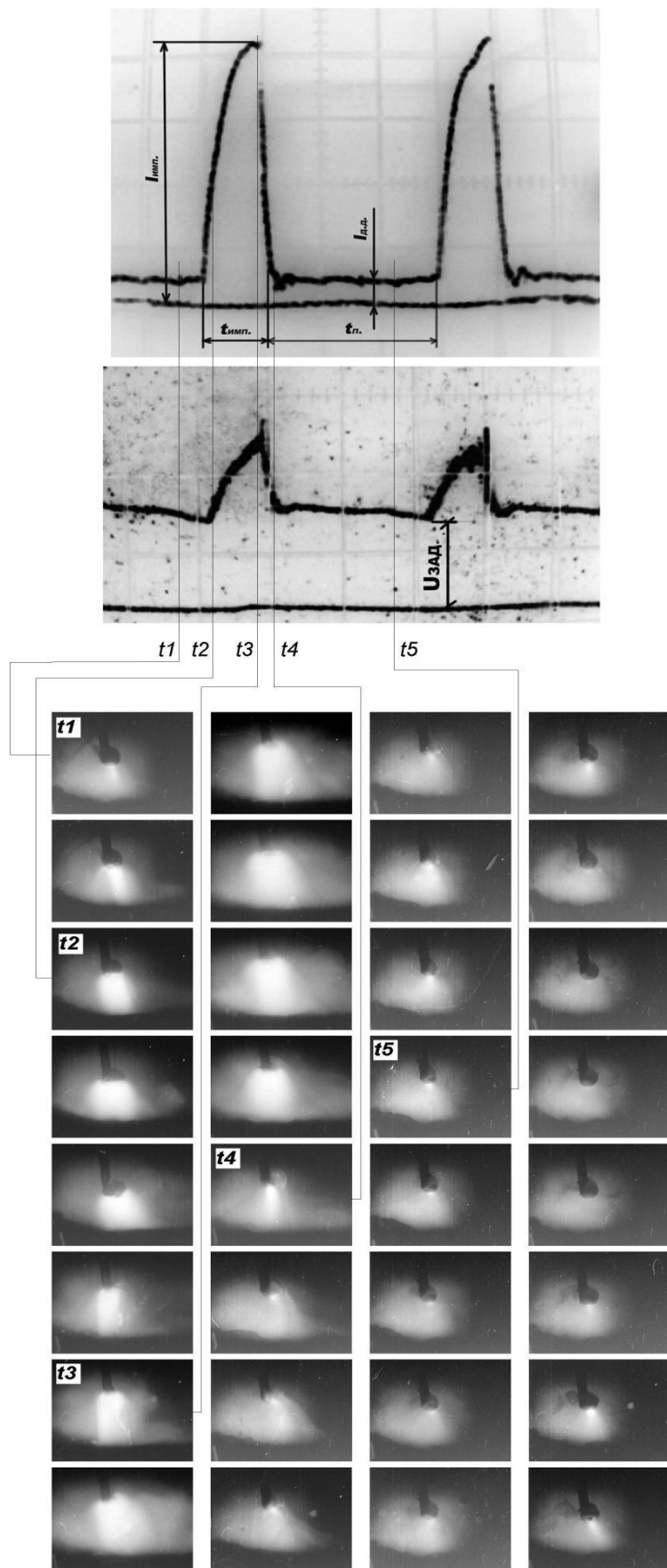


Рисунок 14 – Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой [14]

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.

Импульсная сварка, кинограмма которой представлена на рисунке 14 позволяет устранить разбрызгивание электродного металла, увеличить производительность сварки за счёт эффективного нагрева основного металла.

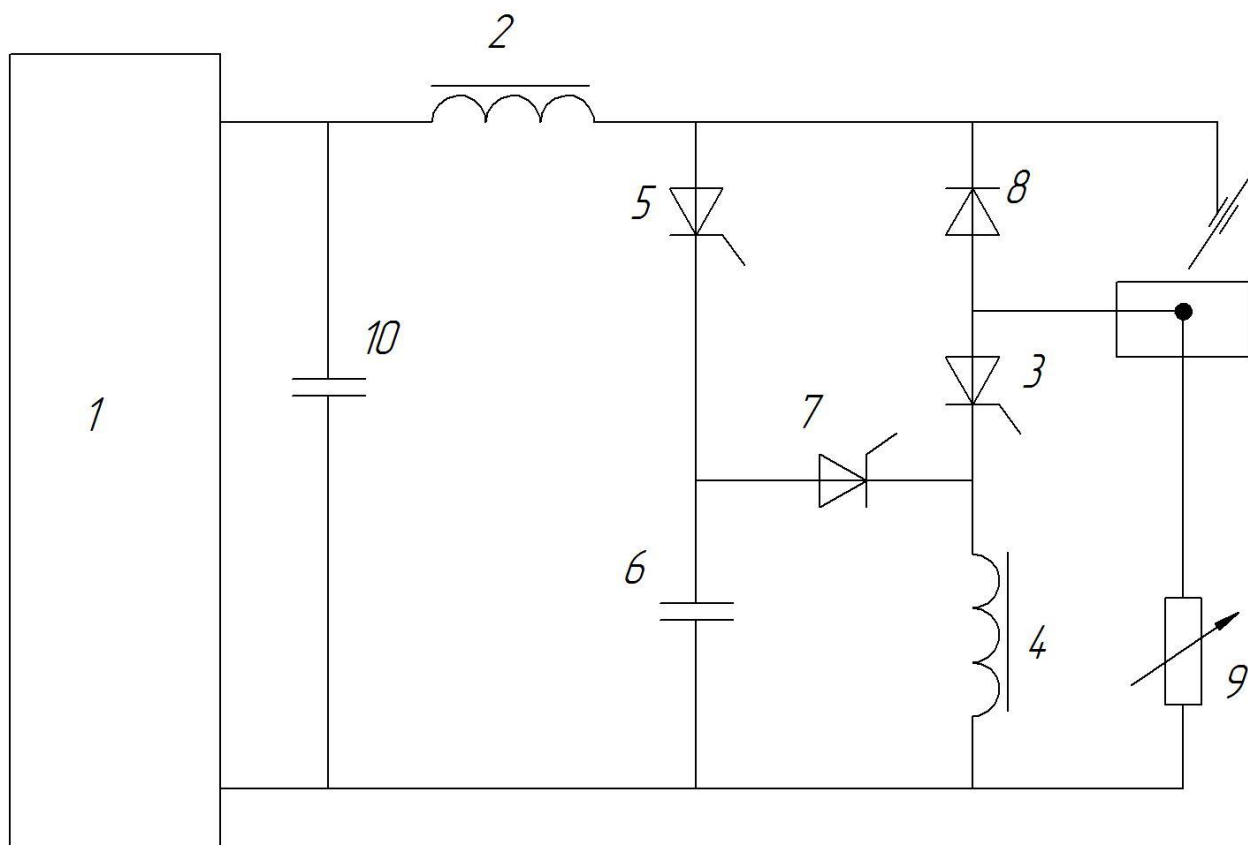
Для импульсной сварки предлагается устройство, разработанное отечественными исследователями [1], представленное на рисунке 15.

«В процессе сварки при плавлении электродной проволоки на её конце образуется капля расплавленного металла, при касании этой капли металла сварочной ванны происходит короткое замыкание. В начале короткого замыкания силовой тиристор 3 переходит в открытое состояние. При этом ток короткого замыкания протекает по цепи: плюс сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – сварочная дуга – силовой тиристор 3 – коммутирующий дроссель 4 – минус сварочного выпрямителя 1.

При достижении переемычки критических размеров в открытое состояние переходит зарядный тиристор 5. С этого момента начинается протекание зарядного тока по цепи: плюс сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – зарядный тиристор 5 – коммутирующий конденсатор 6 – минус сварочного выпрямителя 1.

При нахождении зарядного тиристора 5 в открытом состоянии ток через расплавленную переемычку уменьшается, что устраняет разбрызгивание при взрыве переемычки. После окончания заряда коммутирующего конденсатора 6 зарядный тиристор 5 выключается. После этого энергия, запасённая в сглаживающем дросселе 2, выделяется на дуговом промежутке

и способствует образованию новой капли расплавленного металла на конце электрода» [1].



- 1 - сварочный выпрямитель, 2 - сглаживающий дроссель, 3 - силовой тиристор,
4 - коммутирующий дроссель, 5 - зарядный тиристор, 6 - коммутирующий конденсатор,
7 - вспомогательный тиристор, 8 - диод, 9 - секционированный резистор,
10 - фильтрующий конденсатор

Рисунок 15 – Устройство для импульсной сварки

После образования на торце сварочной проволоки необходимого объёма расплавленного металла происходит открытие вспомогательного тиристора 7. После этого подаётся напряжение на коммутирующий дроссель 4 от клемм коммутирующего конденсатора 6. В результате этого силовой тиристор 3 закрывается. Далее из-за перезаряда коммутирующего конденсатора 6 закрывается вспомогательный тиристор 7.

После этого через сварочную цепь протекает ток паузы, который проходит по цепи: положительная клемма сварочного выпрямителя 1 – входы сглаживающего дросселя 2 – дуга – входы секционированного

резистора 9 – отрицательная клемма сварочного выпрямителя 1. Значение тока паузы определяется параметрами секционированного резистора 9.

Диаграммы тока и напряжения при осуществлении способа импульсного управления сварочной дугой представлены на рисунке 16.

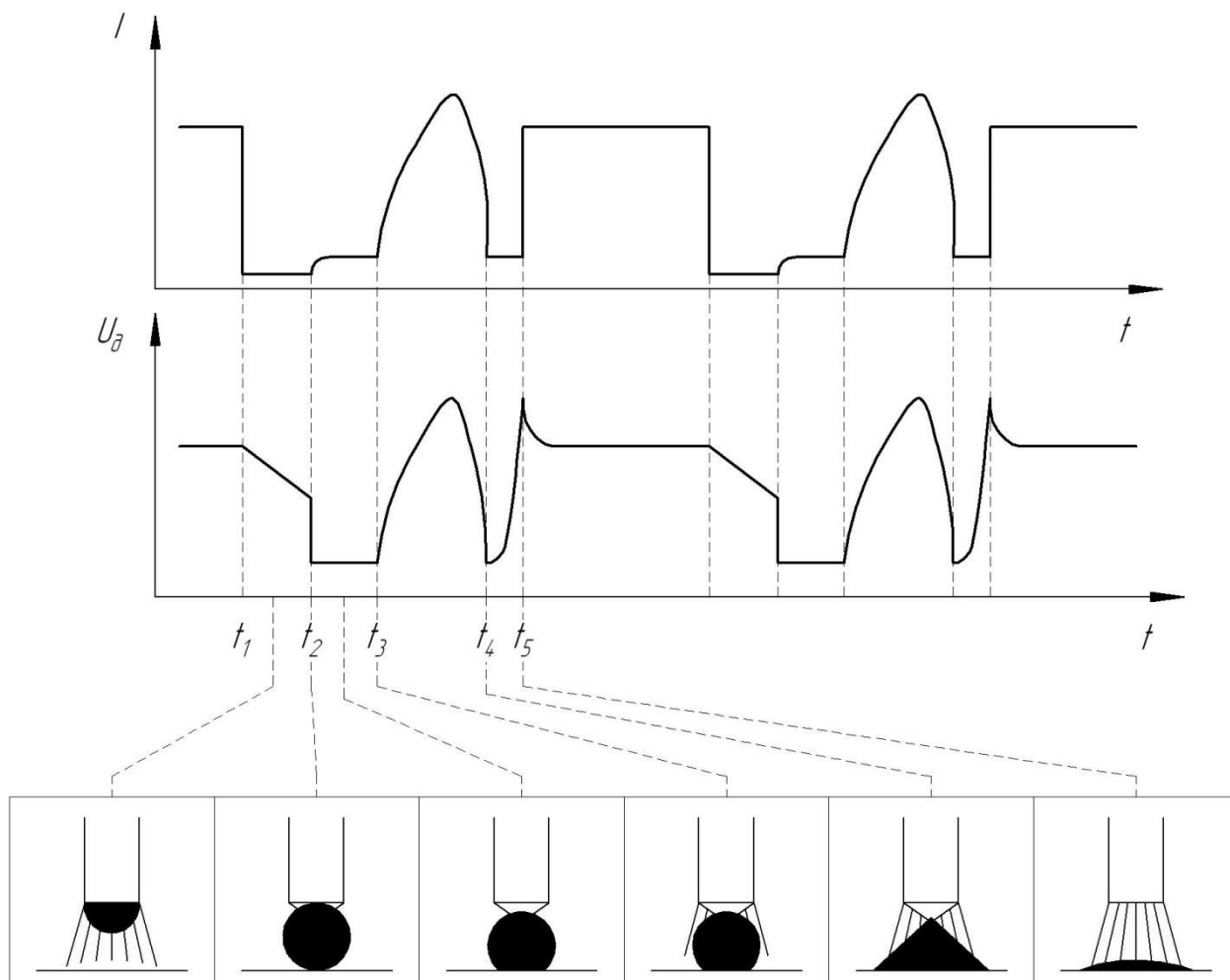


Рисунок 16 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

Осциллограммы сварочного тока и напряжения, представленные на рисунке 16, имеют характерные временные интервалы. В момент времени t_1 сварочный ток снижается. Величина тока паузы в течение временного интервала t_2 - t_3 определяется настройками секционированного резистора 9. Качание капли расплавленного металла поверхности сварочной ванны и короткое замыкание происходит в момент времени t_2 . В течение временного промежутка t_2 - t_3 капля расплавленного металла переходит в сварочную ванну. В течение временного промежутка t_3 - t_4 через дуговой промежуток

проходит зарядный ток, который за счёт электродинамических сил способствует ускоренному переходу в сварочную ванну капли расплавленного металла. До окончания стадии короткого замыкания заканчивается протекание импульса зарядного тока. На интервале времени t_4-t_5 ток через дуговой промежуток протекает ток паузы, величина которого определяется параметрами резистора R . Вследствие этого при разрыве жидкой перемычки между торцом электрода сварочной ванны протекает относительно небольшой ток, который не вызывает разбрызгивания. После того, как жидкая перемычка разрушается в момент времени t_5 , начинается протекание через дуговой промежуток сварочного тока. Далее цикл импульсной сварки повторяется.

Предлагаемый способ импульсной сварки позволяет:

- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров;
- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- существенно повысить проплавленную способность дуги.

2.3 Требования к подготовке дефектного места

В месте предполагаемого залегания трещины следует выполнить зачистку основного металла на ширину 20...25 мм, удаляя краску и загрязнения. Для этого применяется шлифовальная машинка и металлическая щётка.

Определение границ залегания трещины может быть выполнено при помощи пламени газовой горелки. При этом допускается разогрев основного металла до температуры 100...150 °С.

Оценку ремонтпригодности трещины выполняют по анализу её длины и расположения на конструкции.

Заварку трещины длиной более 100 мм можно выполнять, если трещина пролегает параллельно сварному шву, а расстояние между сварным швом и трещиной не меньше 100 мм.

Заварку трещины длиной менее 100 мм можно выполнять, если трещина пролегает параллельно сварному шву, а расстояние между сварным швом и трещиной не меньше 20 мм, но не меньше толщины основного металла;

Заварку трещины выполнять нельзя, если она пересекает сварной шов.

После того, как расположение концов трещины определено, необходимо засверлить концы трещины сверлом диаметром 8...12 мм. При засверливании концов трещины центр отверстия должен располагаться на расстоянии от конца в половину диаметра сверла.

Для засверливания концов трещины применяется сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30, представленный на рисунке 17.



Рисунок 17 – Сверлильный станок на магнитной плите Rotabroach ELEMENT 30 (производства Rotabroach)

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 18. Геометрия разделки должна соответствовать требованиям к разделке С17 по ГОСТ 14771-78, представленным на рисунке 19.



Рисунок 18 - Аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

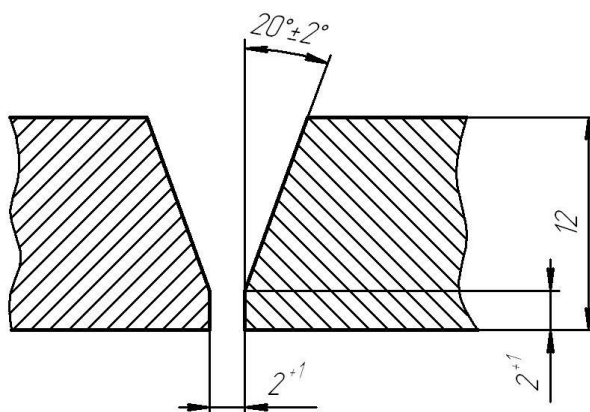


Рисунок 19 – Разделка дефектного места на конструкции согласно ГОСТ 14771-78 (С17)

Параметры плазменной строжки:

- давление газа 4 атм.,
- сила тока 120...130 А,
- напряжение 170...180 В,
- скорость реза 0,6...0,7 м/мин.

При выполнении разделки несквозной трещины необходимо удалять металла на глубину, превышающую залегание трещины на 1...2 мм, и на длину, превышающую длину залегания трещины на 15...20 мм.

2.4 Требования к сварочным материалам

Необходимо, чтобы все сварочные материалы, применяемые для ремонтной сварки, прошли аттестацию в соответствии с действующими требованиями.

Для сварки применяется проволока согласно ГОСТ 2246 и углекислый газ согласно ГОСТ 8050.

На каждую партию сварочной проволоки должен быть выдан сертификат, в котором следует указать:

- условное обозначение сварочной проволоки;
- товарный знак изготовителя;
- состояние поверхности проволоки;
- номер плавки и партии проволоки;
- химический состав сварочной проволоки и результаты механических испытаний наплавленного материала;
- масса проволоки.

После поступления на предприятие необходимо, чтобы проволоку принял отдел технического контроля, который осуществляет проверку сертификата и состояние поверхности проволоки.

На поверхности сварочной проволоки не должно быть масла, окалины, следов смазки и других загрязнений. Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой.

При использовании углекислого газа допускается применение с чистотой не ниже 98,8%. Подача углекислого газа в зону сварки должна осуществляться через осушающее устройство. Перед использованием газа следует выполнить его проверку отделом технического контроля.

Перед выполнением сварки следует выполнить пробную наплавку на стальную пластину длиной 100...150 мм. О качестве сварочных материалов судят по анализу поверхности наплавки, устойчивости горения дуги, разбрызгиванию и характеру переноса металла.

Для выполнения ремонтной сварки применяется проволока Св-08Г2С и углекислый газ, представленные на рисунке 20.

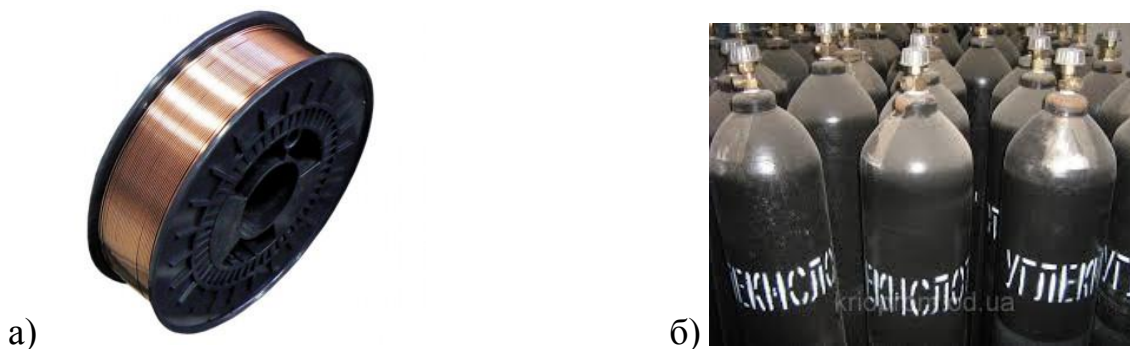


Рисунок 20 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Химический состав сварочной проволоки представлен в таблице 7, механические свойства металла шва представлены в таблице 8.

Таблица 7 – Содержание химических элементов в проволоке Св-08Г2С

«Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
1,8...2,1	0,7...0,95	< 0,20	< 0,25	< 0,20	< 0,03	< 0,025» [8]

Таблица 8 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08Г2С

«Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	
			°С	Дж/см ²
σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	-20 °С	65» [8]
450	550	30		

Для того, что стабилизировать качество выполнения сварного шва и повысить технологические свойства проволоки, её поверхность покрывают слоем меди, который образует гладкую поверхность. Толщина слоя меди на поверхности проволоки должна быть не менее 0,15 мкм, при этом медное покрытие должно крепко сцепляться с проволокой.

2.5 Требования к выполнению сварочных операций

При сварке принимаются следующие параметры режима: «род тока – постоянный, полярность – прямая, диаметр проволоки – 1,4 мм, вылет сварочной проволоки – 13...20 мм, сила сварочного тока – 200...250 А. Расход углекислого газа при сварке принят 1,0...1,4 м³/ч» [8].

Для питания сварочной дуги применяется выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 21. Для подачи сварочной проволоки предложено использовать полуавтомат ПДГ-525, который представлен на рисунке 22.

Геометрия сварного шва представлена на рисунке 23.



Рисунок 21 – Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506



Рисунок 22 – Сварочный полуавтомат ПДГ-525

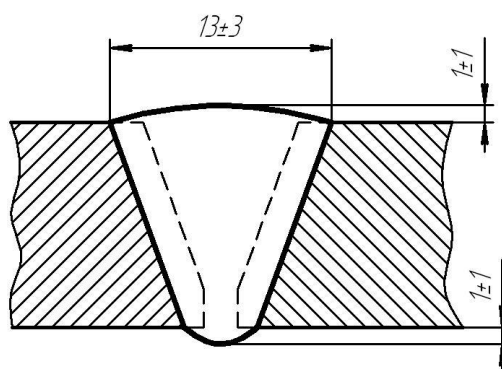


Рисунок 23 – Геометрия получившегося при сварке шва

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 работе поставлена цель - повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Анализ состояния вопроса позволил выполнить постановку задач на выполнение выпускной квалификационной работы:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа ремонтной сварки несущих конструкций мостового крана;
- на основании анализа источников научно-технической информации составить перечень мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности и экономического эффекта при внедрении в производство.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки при заварке трещин на несущих конструкциях мостового крана. 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.

Для повышения технологических свойств механизированной сварки предложено использовать импульсное управление согласно [1]. В результате применения этой разработки отечественных исследователей следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность сварки будет повышена в два раза.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

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

Предложена 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 9 – 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
1. «Зачистка трещины от грязи и краски	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина угловая шлифовальная, - магнитный сверлильный станок	- СОЖ, - круги абразивные, - рукавицы, - ветошь
2. Разделка кромок трещины	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125	- щётка металлическая, - вода техническая
3. Заполнение разделки трещины	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
4. Контроль качества ремонтной сварки» [3]	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

Анализ данных в таблице 9 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Первой операцией является зачистка трещины от грязи и краски. Второй операцией является разделка кромок трещины. Третьей операцией является заполнение разделки трещины. Четвёртой операцией является контроль качества ремонтной сварки.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 10 – 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. Зачистка трещины от грязи и краски	<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 трещины	<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. Заполнение разделки трещины	<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 ремонтной сварки	<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

Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 10. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

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.

Таблица 11 – 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

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.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 11. 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.

Таблица 12 – 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» [6]
Участок ремонтной сварки металлических конструкций	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 (Е)» [6]	«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» [6].

Таблица 13 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

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

Таблица 14 – 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» [6].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [6].

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 12. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 13.

Для того чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 14.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 15 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие на		
		атмосферу	гидросферу	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 15.

Таблица 16 – 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 16.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии ремонтной 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 металлических конструкций. Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку 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 мостового крана. 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 [13].

Таблица 17 – 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	$Ц_{об}$	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	$Ц_{э-э}$	Р/кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	100	100
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	P/m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [13]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

В таблицу 17 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.

На основании данных в таблице 17 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

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:

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

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.

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:

$$П_2 = F_3 / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

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

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:

$$n_{расч. б.} = 9 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4;$$

$$n_{расч. пр.} = 5 \cdot 100 / (2054 \cdot 1,03) = 0,2.$$

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

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 $Ц_m$ и коэффициента $K_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = Ц_m \cdot H_p \cdot K_{тз} \quad (7)$$

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:

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

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

Вычисление объёма фонда заработной платы ФЗП проводим как сумму основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 3384 + 406 = 3790 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1880 + 226 = 2106 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяем исходя из ранее вычисленного 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:

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

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

Вычисление 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:

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

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:

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

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

Технологическую себестоимость $C_{\text{тех}}$ вычисляем по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ с использованием формулы:

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

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:

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

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

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

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

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 18.

Таблица 18 – 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» [9]	$C_{ЗАВ}$	14785	8210

На основании данных в таблице 18 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

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

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

Расчёт остаточной стоимости оборудования проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $C_{\text{перв}}$ и нормы амортизации N_a :

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

Взятые из таблицы 17 исходные значения после подстановки в формулу (18) позволили получить такие результаты:

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

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

Величину капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$, которые предстоит произвести при внедрении проектной технологии в производство, рассчитаем с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ по следующей формуле:

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

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

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

Величину затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования, которые приходится произвести при выполнении проектной технологии сварки, будем рассчитывать с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам, которые следует взять из исходной таблицы 17:

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

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

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

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

Величину дополнительных капитальных затрат, которые приходится произвести при осуществлении проектной технологии сварки вычисляем как:

$$K_{дон} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (24)$$

Подставленные из таблицы исходных экономических данных значения позволили получить:

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

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

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta t_{\text{шт}} = (9 - 5) \cdot 100 \% / 9 = 44 \%$.

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

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

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:

$$\text{Пр}_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{yg}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot \Pi_T \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{yg}} \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 86200 / 657500 = 0,2 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_T , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{\text{yg}} - E_H \cdot K_{\text{дон}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\text{Эг} = 657500 - 0,33 \cdot 86200 = 629054 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков.

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

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

Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. 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

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных операций при ремонте металлических конструкций мостового крана.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку 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 мостового крана. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа источников научно-технической информации, найденных в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковой системы GOOGLE, баз данных «Киберленинка», «Диссернет» рассмотрены повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах.

Для повышения технологических свойств механизированной сварки предложено использовать импульсное управление согласно разработкам

отечественных исследователей-сварщиков, в результате чего можно прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность сварки будет повышена в два раза.

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

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,6 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы предлагается применить при составлении технологии ремонтной сварки металлических конструкций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1064555 СССР, МКИ В23К9/09. Устройство для электродуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка / Князков А. Ф., Сараев Ю. Н., Костюков Ю. П. № 2911363/25-27, заяв. 16.04.80; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18. 3 с.
2. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
3. Алёшин Н. П., Чернышов Г. Г. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2-х томах. М.: Машиностроение, 2004. Том. 2. 480 с.
4. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
5. 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.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Гохберг М. М., Семенов В. П. Усталостные разрушения в металлических конструкциях кранов // Тр. ЛПИ. 1954. Вып. 3. С. 110–118.
8. Емельянов О. А., Шепотько В. П. Ремонт крановых металлоконструкций. Подготовка технических решений // Подъемные сооружения и специальная техника. Одесса : Нац. техн. ассоциация. 2004. № 9. С. 22.
9. Емельянов О. А. Усталостные повреждения сварных крановых мостов // Автоматическая сварка. 2004. № 5. С. 33–39.
10. Концевой Е. М., Розенштейн Б. М. Ремонт крановых металлоконструкций. М. : Машиностроение, 1979. 206 с.

11. Короткий А. А., Логвинов А. С., Павленко А. Н., Хальфин М. Н. Техническая экспертиза аварии мостового крана. Новочеркасск : НПИ, 1993. 217 с.
12. Котельников В. В. Разработка методики теплового контроля и диагностики технического состояния металлоконструкций мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. тех. ун-т. им. Н. Э. Баумана. 2009.
13. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
14. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи проволоки и ее плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.
15. Москвин П. В. Разработка методики прогнозирования остаточного ресурса сварных металлоконструкций с использованием датчиков деформации интегрального типа на примере мостовых кранов : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск : Курганский гос. ун-т. 2007.
16. Николаев А. Г. (пред.) Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. 462 с.
17. Нургужин М. Р. Разработка методологических основ расчета характеристик живучести крановых металлоконструкций : дис. ... док. техн. наук. Караганда : Карагандинский гос. тех. ун-т. 1999.
18. 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.
19. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.
20. 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.

21. РД 03-246-98. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. М. : ГГТН РФ. 1998. Вып. 2. № 64. 19 с.

22. РД 10-397-01. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений. М. : ГГТН РФ, 2001. № 2. 21 с.

23. РД 24-090-52-90. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций. М. : ОАО ВНИИПТМАШ, 1990. 42 с.

24. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

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

26. СТО 24.09-5821-01-93 Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций. М. : Изд-во стандартов, 1993. 54 с.

27. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

28. Шепотько В. П. Ремонт выполнен... Согласно чему? // Подъемные сооружения и специальная техника. Одесса : Нац. техн. ассоциация. 2004. № 7. С. 19.

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. 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.