

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»  
(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология сварки при капитальном ремонте мостового крана

Студент

М.В. Камышов  
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.И. Плахотный

(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 2021

## Аннотация

По данным статистики мостовые краны составляют порядка 38 % всех грузоподъемных механизмов. Техническое состояние мостового крана определяет безопасность и продолжительность его эксплуатации, мостовой кран обеспечивает работу всего технологического участка и является весьма ответственной конструкцией.

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение качества и производительности ремонтной сварки металлических конструкций мостовых кранов.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

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

Рассчитан годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для ремонтной сварки металлических конструкций грузоподъемной техники.

## Содержание

Введение .....	5
1 Современное состояние ремонтных технологий применительно к грузоподъёмной технике. ....	7
1.1 Конструкция мостового крана и характер разрушений. ....	7
1.2 Сведения о материале изделия и трудности его сварки. ....	10
1.3 Базовая технология ремонтной сварки. ....	14
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы .....	19
2 Проектная технология ремонтной сварки мостового крана. ....	21
2.1 Анализ альтернативных способов ремонтной сварки .....	21
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах. ....	24
2.3 Требования к подготовке дефектного места .....	29
2.4 Требования к сварочным материалам. ....	31
2.5 Требования к выполнению сварочных операций .....	33
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	36
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	36
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений .....	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	41
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта .....	43
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений. ....	45
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	45
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	47
4.3 Расчет штучного времени .....	48

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии . . . . .	50
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии . . . . .	54
4.6 Показатели экономической эффективности . . . . .	57
Заключение . . . . .	60
Список используемой литературы и используемых источников . . . . .	61

## Введение

Сильная изношенность технологического оборудования может стать причиной замедления экономического рывка Российской Федерации, запланированного Президентом. В большой мере это относится к конструкциям, которые продолжают интенсивно эксплуатироваться со времён бывшего СССР. Такими металлическими конструкциями являются: станки и транспорт, грузоподъёмная техника (в том числе мостовые краны).

По данным статистики мостовые краны составляют порядка 38 % всех грузоподъёмных механизмов. Техническое состояние мостового крана определяет безопасность и продолжительность его эксплуатации, мостовой кран обеспечивает работу всего технологического участка и является весьма ответственной конструкцией [12].

В процессе работы мостового крана происходит интенсивный износ его элементов: силового оборудования и сварных металлоконструкций. Нормативный срок службы большинства мостовых кранов уже истёк, а их эксплуатация продолжается [21].

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 20 июня 1997 года) относит к категории опасных производственных объектов грузоподъёмные механизмы. Для того, чтобы обеспечить безопасность при работе грузоподъёмной техники, применяются различные методы. В приводных механизмах и управляющих системах применяется дублирование. Стальные канаты и быстроизнашивающиеся детали проходят периодическую замену. Самой массивной и ответственной частью крана, которую невозможно ни продублировать, ни заменить, является его металлическая конструкция, аварийное разрушение которой приведёт к жертвам и материальному ущербу. Аварии и разрушения металлоконструкций кранов происходят по причине дефектов в их элементах [16]. На долю разрушений в сварных соединениях

приходится порядка 90 % всех случаев аварий на машиностроительных конструкциях [23].

Проведённые исследования [13], [33] позволяют установить, что большая часть повреждений металлоконструкций грузоподъёмной техники, произошедших при выполнении условий паспортной эксплуатации, приходится на узлы с нерациональным конструктивным исполнением. Работа таких узлов может быть продолжена только после проведения качественного ремонта.

Анализ остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъёмной техники позволил установить, что к окончанию нормативного срока службы примерно 80 % всех кранов ещё не исчерпали этот ресурс. Исходя из этого, можно не ограничивать продолжительность использования мостовых кранов нормативным сроком службы [27], [28], [29]. Дальнейшая эксплуатация мостового крана должна сопровождаться проведением ремонта элементов его металлических конструкций.

Приблизительно одна треть аварий на мостовых кранах произошла по причине возникновения и развития усталостных повреждений в несущих элементах [9], [10], [15], [32].

Вопрос ремонтной сварки металлических конструкций изучался в работах учёных: 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., и др.

Вопрос повышения эффективности ремонтной сварки металлических конструкций грузоподъёмной техники остаётся актуальным.

Таким образом, следует признать актуальной **цель** выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности ремонтной сварки металлических конструкций мостовых кранов.

Достижение поставленной цели возможно при условии применения современных сварочных технологии и материалов, изучению которых и посвящена настоящая выпускная квалификационная работа.

# 1 Современное состояние ремонтных технологий применительно к грузоподъёмной технике

## 1.1 Конструкция мостового крана и характер разрушений

В составе металлоконструкции мостового крана, представленного на рисунке 1 и рисунке 2, имеются два главных элемента. Первый элемент – мост, который передвигается вдоль цеха. Второй элемент – крановая тележка, передвижение которой происходит по мосту. Управление работой крана производится оператором из кабины.

Главной несущей конструкцией крана является его мост, который воспринимает всю приходящую на кран нагрузку и несёт на себе все остальные элементы крана. Рамная конструкция моста образована продольными (главными, пролётными, ездовыми) и поперечными (концевыми) балками.

Пролётные располагаются поперёк пролёта цеха, по ним перемещается грузовая крановая тележка. На пролётных балках располагается рельс, по которому перемещается ходовая часть крана (крановая тележка). Поперечные балки имеют ходовые колёса, которые катаются по подкрановой балке и обеспечивают перемещение всего моста крана вдоль цеха.

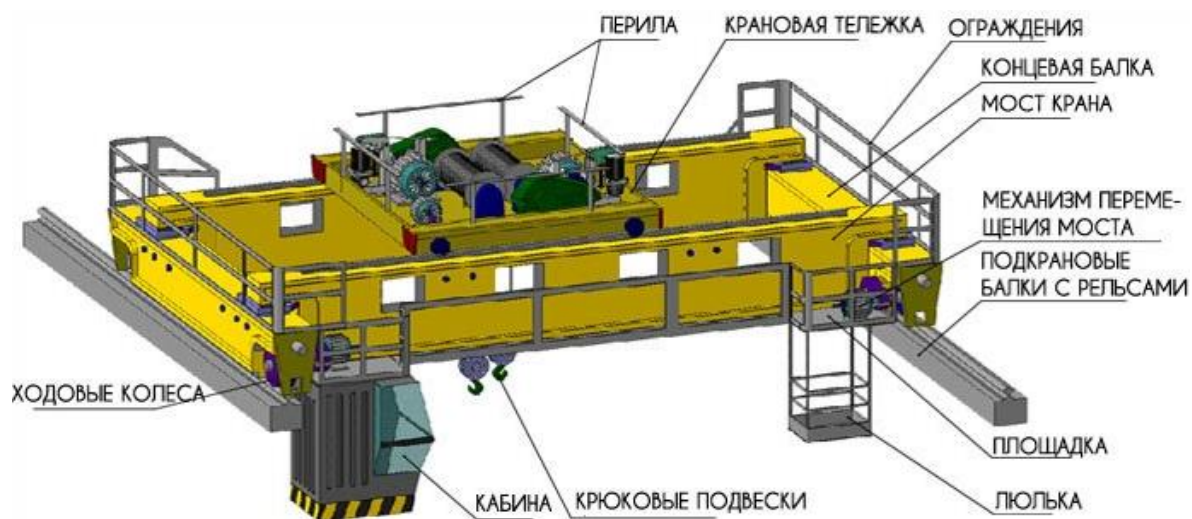
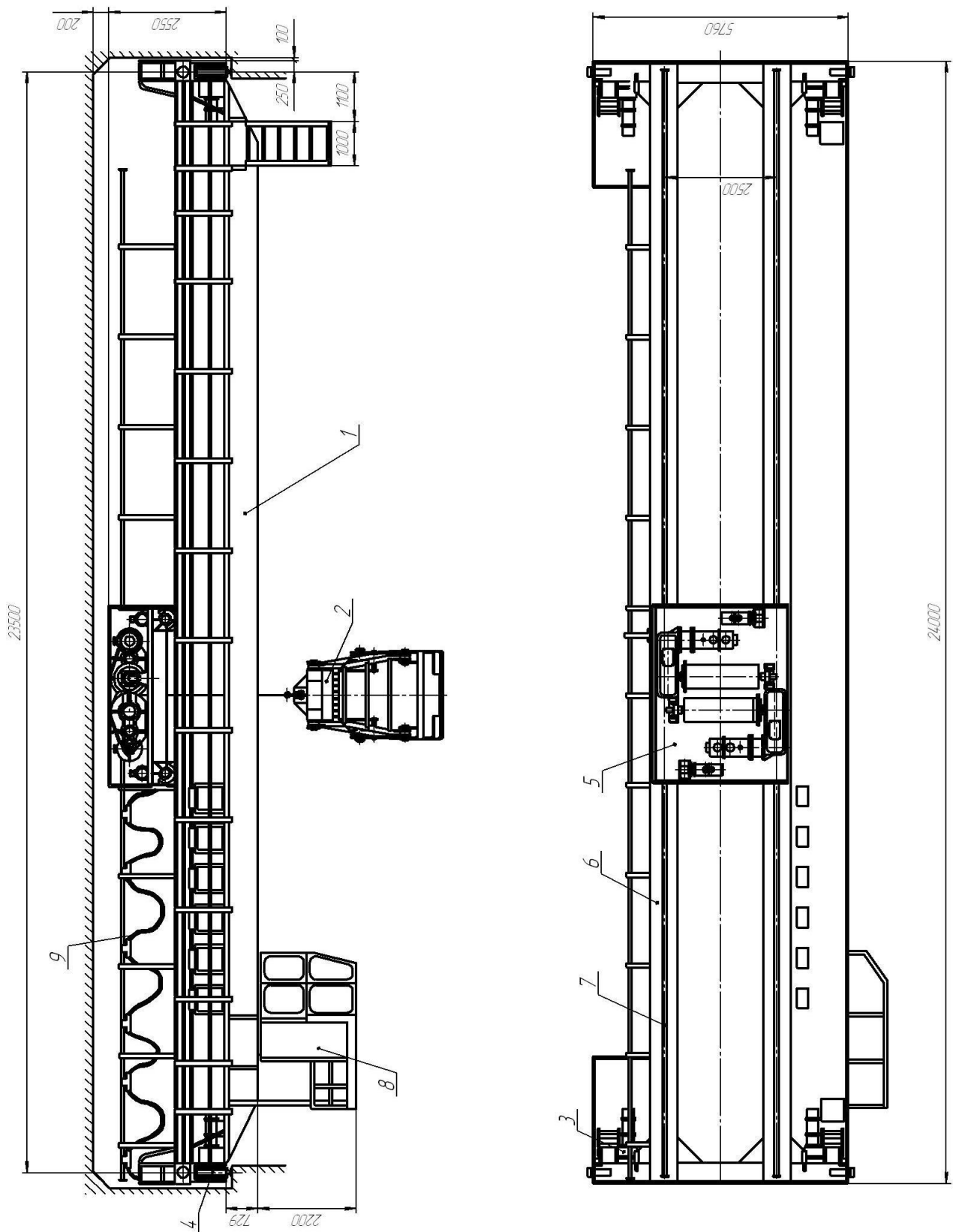


Рисунок 1 – Общий вид мостового крана

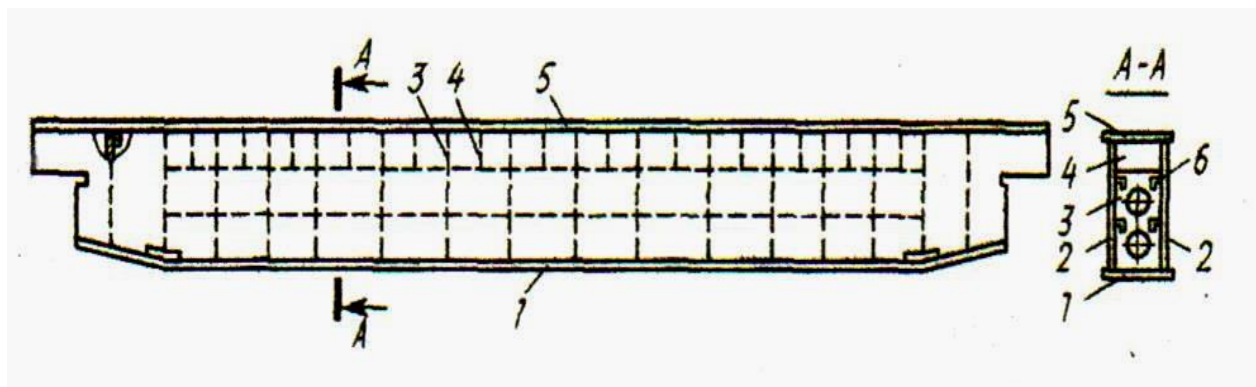


1 – мост, 2 – подъёмный механизм, 3 – привод крана, 4 – приводное колесо,  
 5 – тележка, 6 – поперечная балка, 7 – крановый рельс, 8 – кабина крана,  
 9 – силовой кабель

Рисунок 2 – Общий вид мостового крана



Концевая балка, изображённая на рисунке 3, представляет из себя сварную металлическую конструкцию и имеет высокую жёсткость. На верхний и нижний пояса действуют нагрузки от торможения и разгона крана. Для повышения жёсткости применяются большие и малые диафрагмы. Большие диафрагмы увеличивают устойчивость стенок главной балки. Малые диафрагмы ограничивают деформации верхнего пояса при движении по нему крановой тележки.



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

Рисунок 3 – Концевая балка крана

Самыми ответственными и высоконагруженными частями металлоконструкции мостового крана следует признать места соединения пролётных и концевых балок. В результате совместной деформации элементов, имеющих различную жёсткость, в них возникают значительные напряжения. Эти узлы необходимо постоянно контролировать на предмет образования усталостных трещин, представленных на рисунке 4.

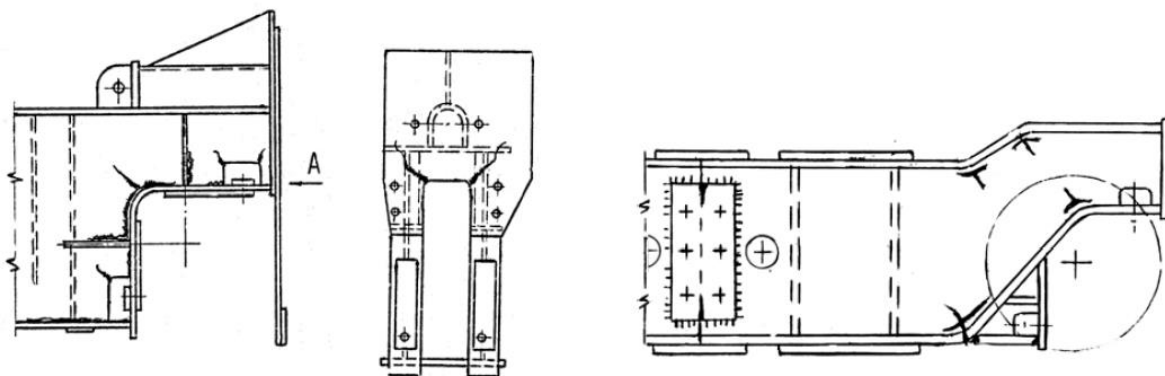


Рисунок 4 – Усталостные трещины в концевых балках

Трещины возникают в сварном шве соединения пояса со стенкой, далее происходит распространение трещины на основной металл. Первоначально трещина направляется перпендикулярно поясу, после прохождения 100...150 мм в основном металла трещина разветвляется [14]. Также трещины возникают в течение первых лет эксплуатации крана на поясах главных и концевых балок.

## 1.2 Сведения о материале изделия и трудности его сварки

Материалом для изготовления несущих металлоконструкций мостового крана является сталь 09Г2С – сталь конструкционная низколегированная.

Механические свойства стали 09Г2С, представленные в таблице 1, обуславливают её широкое применение при изготовлении ответственных металлических конструкций, содержащих сварные швы. Сварные конструкции из стали 09Г2С могут продолжительное время работать под давлением при температуре окружающего воздуха от -70 до +425 °С. Заменителями стали 09Г2С могут считаться такие стали, как 09Г2, 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %
460	300	31

При сварке конструкций из стали 09Г2С нет необходимости применять предварительный подогрев или проводить термическую обработку, т.е. сталь 09Г2С сваривается без ограничений всеми способами сварки.

Реакция стали 09Г2С на термический цикл при сварке, отличающаяся от реакции обычной низкоуглеродистой стали [14], обуславливается химическим составом стали 09Г2С, представленным в таблице 2.

Таблица 2 –Химический состав стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 2591-2006

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	До 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008	~96-97

При сварке конструкций из стали 09Г2С в металле сварного шва и околошовной зоне в повышение скорости охлаждения может привести к образованию закалочных структур. При этом кроме феррита и перлита может образовываться мартенсит, бейнит и остаточный аустенит. В зависимости от температурного цикла содержание этих структур в стали существенно изменяется. Если погонная энергия сварки уменьшается, повышается количество и дисперсность мартенсита, бейнита и остаточного аустенита.

Образующиеся при сварке стали 09Г2С могут незначительно влиять на свойства сварных соединений, если они равномерно расположены и дезориентированы в ферритной основе металла. Однако при росте скорости охлаждения количество закалочных структур увеличивается, что приводит к резкому уменьшению пластичности металла и снижению его стойкости хрупкому разрушению. Такие химические элементы, как кремний и марганец, увеличивают содержание закалочных структур. Исходя из этого, при сварке конструкций из стали 09Г2С необходимо назначать режимы с меньшей, по сравнению с низкоуглеродистой сталью, погонной энергией.

Легирование металла сварного шва химическими элементами из основного металла позволяет получить равнопрочность шва и основного металла. Также, склонность к хрупкому разрушению и прочность металла шва может быть повышена легированием элементами из сварочной проволоки [30], [31].

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями, сварные конструкции из стали 09Г2С имеют меньшую стойкость против кристаллизационных трещин. Это объясняется действием углерода, марганца и кремния. Повышение стойкости против кристаллизационных трещин достигается

уменьшением в металле шва серы и углерода. Для этого необходимо применять сварочную проволоку со сниженным содержанием серы и углерода. Определяющее значение в повышении прочности сварных соединений из стали 09Г2С имеет рациональная последовательность выполнения сварных швов, обеспечение правильности его геометрии.

Сварка металлических конструкций из стали 09Г2С может сопровождаться следующими дефектами [2], [4], [30]: горячие трещины, непровары, поры.

Возникновение горячих трещин, представленных на рисунке 5, возможно вследствие уменьшения деформационной способности металла сварного соединения при высоких температурах. Кристаллизация расплавленного металла сварного шва вызывает возникновение растягивающих напряжений, которые при малой деформационной способности металла приводят к трещинам.

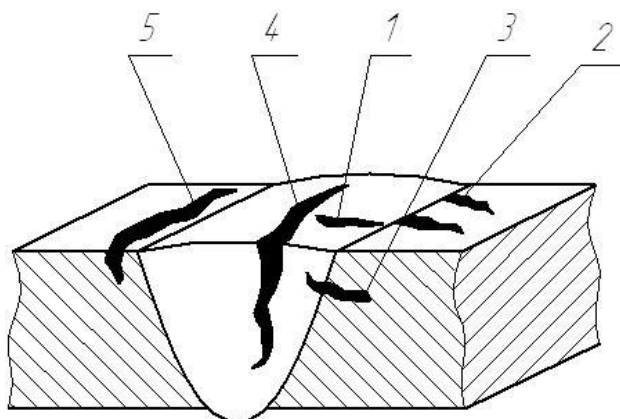
Повышение вероятности получения горячих трещин в сварном шве возможно, если не проводить термическую обработку конструкции сразу после сварки, близко со сварным швом находятся концентраторы напряжений, повышенная скорость сварки, нарушена технология сварки (не соблюдается температура предварительного подогрева, порядок наложения швов).

Для борьбы с возникновением горячих трещин применяют: специальную технику сварки (малая длина дуги, ведение без поперечных колебаний); не допускают вывода кратера на основной металл и тщательно заправляют кратер.

Непровары, представленные на рисунке 6, возникают из-за малой погонной энергии сварки (неправильно выбранные параметры режима сварки), недостаточной зачистки кромок свариваемых деталей перед сваркой (некачественная подготовка поверхности свариваемых деталей), нарушением формы разделки.

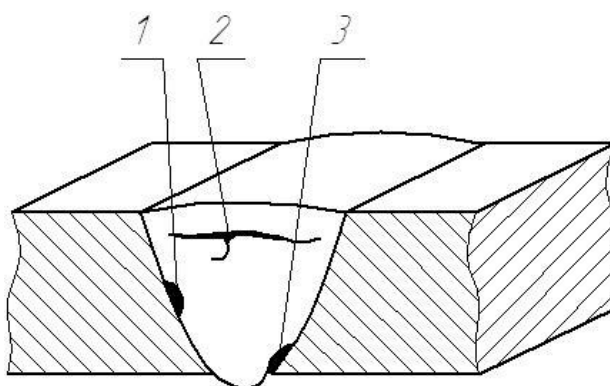
Для борьбы с напоями применяют: повышение качества подготовки кромок, при варке многопроходными швами выполняют зачистку каждого валика и устраняют выпуклость, правильно назначают и контролируют соблюдение параметров режима сварки.

Возникновение пор, представленных на рисунке 7, в сварном шве возможно при нарушении параметров режима сварки (чрезмерно высокая длина дуги, скорость сварки, неправильно выбранный диаметр сварочного электрода), неправильно проведенной прокалки электродов (нарушение температуры времени прокалки), недостаточной зачистки кромок свариваемых деталей перед сваркой (некачественная подготовка поверхности свариваемых деталей).



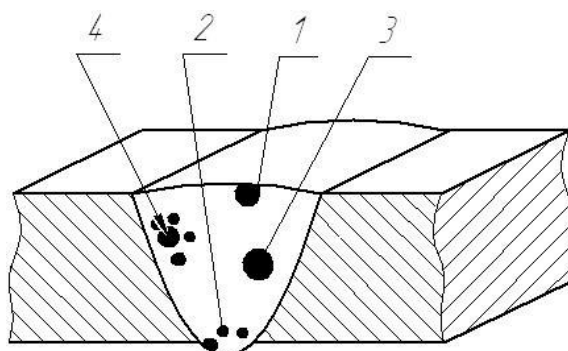
1, 2, 3 – поперечные горячие трещины; 4, 5 – продольные горячие трещины

Рисунок 5 – Виды горячих трещин при сварке



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

Рисунок 6 – Виды непроваров при сварке



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

Рисунок 7 – Виды пор при сварке

Таким образом, при ремонте с применением дуговых способов сварки конструкций из стали 09Г2С следует предусмотреть меру борьбы с горячими трещинами, непроварами и порами.

### 1.3 Базовая технология ремонтной сварки

Технология ремонтной сварки предусматривает выполнение следующих операций: зачистка трещины от грязи и краски, визуальная оценка трещины, разделка трещины, заплатавление разделки, контроль качества.

При выполнении **первой** операции (зачистка трещины) следует зачистить основной металл на ширину 20...25 мм с применением металлической щётки, машинки шлифовальной.

Далее следует визуально выявить наличие трещины, её длину и расположение в конструкции, отметить концы трещины. При необходимости положение концов трещины может быть определено с применением методов неразрушающего контроля (проникающие растворы, травление, магнитная дефектоскопия).

При оценке ремонтпригодности трещин следует измерить длину трещины и её положение:

- если длина трещины составляет более 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть менее 100 мм;

- если длина трещины составляет менее 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть не менее 20 мм (но не менее толщины основного металла);

- не допускается пересечение трещиной сварного шва.

После определения положения концов трещины следует выполнить сквозные отверстия, диаметр которых должен составлять 8...12 мм. При этом центр отверстия должен находиться на расстоянии половины диаметра сверла от конца трещины.

**Вторую** операцию (разделку кромок) выполняют по всей длине трещины. Разделка кромок проводится под сварной шов С17, С18 или С23 по ГОСТ 5264. Зону разделки трещины очищают от масла, окалины, грязи, со всех сторон на ширину 20...25 мм. Если трещина выходит на край изделия, в этом месте необходимо приварить заходную (выходную) планку, как показано на рисунке 8.

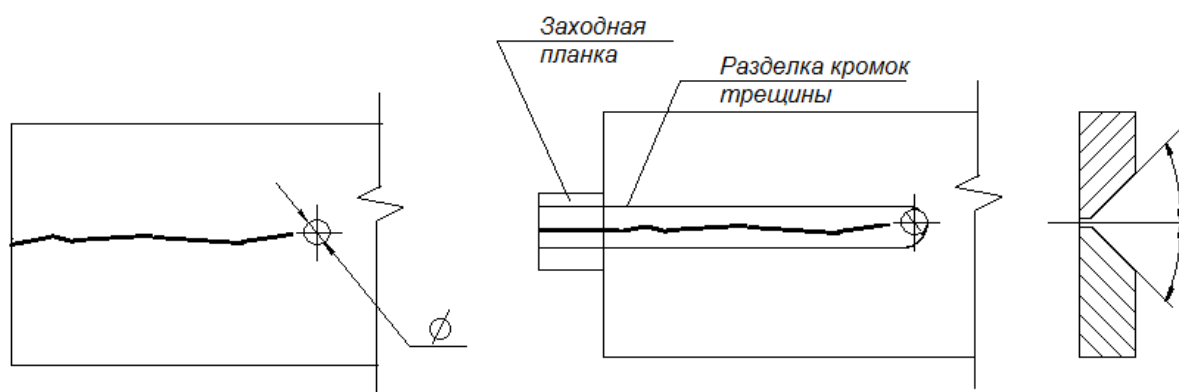


Рисунок 8 – Подготовка трещины к заварке

**Третью** операцию (заплавнение разделки) выполняют ручной дуговой сваркой. В качестве сварочного электрода применяют электроды УОНИ-13/55 или ОЗС-3, состав и свойства которых представлены в

таблице 3 и таблице 4. Прокалку электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами или по таблице 5.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла 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

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

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV
	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %	Дж/см <sup>2</sup>
УОНИ 13/55	420	530	20	130, +20°C
ОЗС-3	390	490	27	140, +20°C

Таблица 5 – Параметры прокалки электродов УОНИ-13/55 и ОЗС-3 перед сваркой

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

После прокалки электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Для сварки применяется выпрямитель сварочный ВД-252, представленный на рисунке 9. Параметры режима сварки представлены в таблице 6.

Заполнение разделки шва во избежание перегрева основного металла проводят валиками за несколько проходов. При заполнении разделки следует



выполнить плавный переход от основного к наплавленному металлу. Трещина должна быть полностью заварена, прерывание процесса ремонтной сварки недопустимо. Отверстие в конце трещины не заплавлять. После заварки трещины следует зачистить шов заподлицо с основным металлом.

Таблица 6 – Параметры режима сварки электродами 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



Рисунок 9 – Выпрямитель сварочный ВД-252

**Четвёртую** операцию (контроль качества) проводят: визуально-измерительный контроль (согласно РД 03-606-03), ультразвуковой контроль (согласно ГОСТ 14782).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 30 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Не допускаются следующие выявленные при ультразвуковом контроле дефекты: непровары и несплавления между слоями шва, внутренние поры более 1,0 мм, скопления и цепочки шлаковых включений.

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

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп UCD-50, представленный на рисунке 10-б, набор стандартных образцов, гель для УЗК.



Рисунок 10 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля (а) и ультразвукового контроля (б) сварных швов

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостатком следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

#### **1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В работе поставлена цель – повышение качества и производительности ремонтной сварки металлических конструкций мостовых кранов.

При выполнении базовой технологии сварки автоклава применяется ручная дуговая сварка штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами:

- малая производительность выполнения сварочных работ,
- работа сварщика в тяжёлых условиях,
- низкая стабильность качества сварки,

- повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

Выполнение разделов оценочного блока предусматривает решение следующих задач:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

## **2 Проектная технология ремонтной сварки мостового крана**

### **2.1 Анализ альтернативных способов ремонтной сварки**

Перед выбором способа ремонтной сварки следует на основании проведённого анализа материала свариваемого изделия перечислить все возможные способы сварки, которые способны обеспечить защиту расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Сварка конструкций из стали 09Г2С может выполняться всеми известными способами:

- газовая сварка,
- ручная дуговая сварка,
- сварка в инертном газе неплавящимся электродом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- сварка под флюсом,
- сварка самозащитной порошковой проволокой.

Далее выберем способы сварки, пригодные для рассматриваемой толщины – 10...16 мм. Для рассматриваемого изделия следует признать в качестве пригодных следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- сварка под флюсом,
- сварка самозащитной порошковой проволокой.

Далее выполним анализ протяжённости и пространственного положения швов. Применительно к рассматриваемому изделию протяжённость ремонтного шва составляет несколько сотен миллиметров, эти швы располагаются в пространстве различным образом. Исходя из этого

применение автоматических способов сварки следует признать нецелесообразным. Поэтому для окончательного анализа следует выделить:

- ручная дуговая сварка, выполняемая по схема согласно рисунку 11-а;
- сварка плавящимся электродом в защитных газах, выполняемая по схеме согласно рисунку 11-б;
- сварка самозащитной проволокой, выполняемая по схеме согласно рисунку 11-в.

После этого следует выполнить анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки применительно к ремонтной сварке рассматриваемой конструкции.

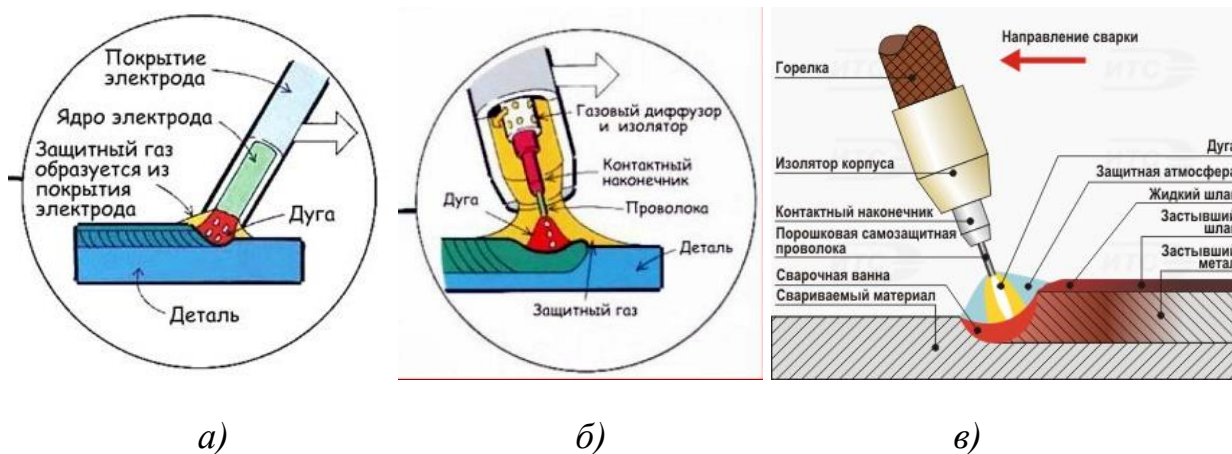


Рисунок 11 – Рассматриваемые способы ремонтной сварки: ручная дуговая (а), в защитном газе проволокой сплошного сечения (б), самозащитной порошковой проволокой (в)

Ручная электродуговая сварка штучными электродами применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Этот способ сварки получил широкое применение при исправлении дефектов сварки и ремонте сварных конструкций [3], [22].

Ручная дуговая сварка получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического

оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. К выполнению ремонтной сварки можно приступать практически сразу.

Недостатки ручной дуговой сварки отмечены выше при анализе базовой технологии ремонтной сварки.

Механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов получила широкое распространение при ремонте сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой и сваркой под флюсом.

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.

## 2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

При осуществлении способа дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах традиционно различают три формы переноса электродного металла, представленные на рисунке 12 [25], [26]: капельный, струйный, короткими замыканиями.

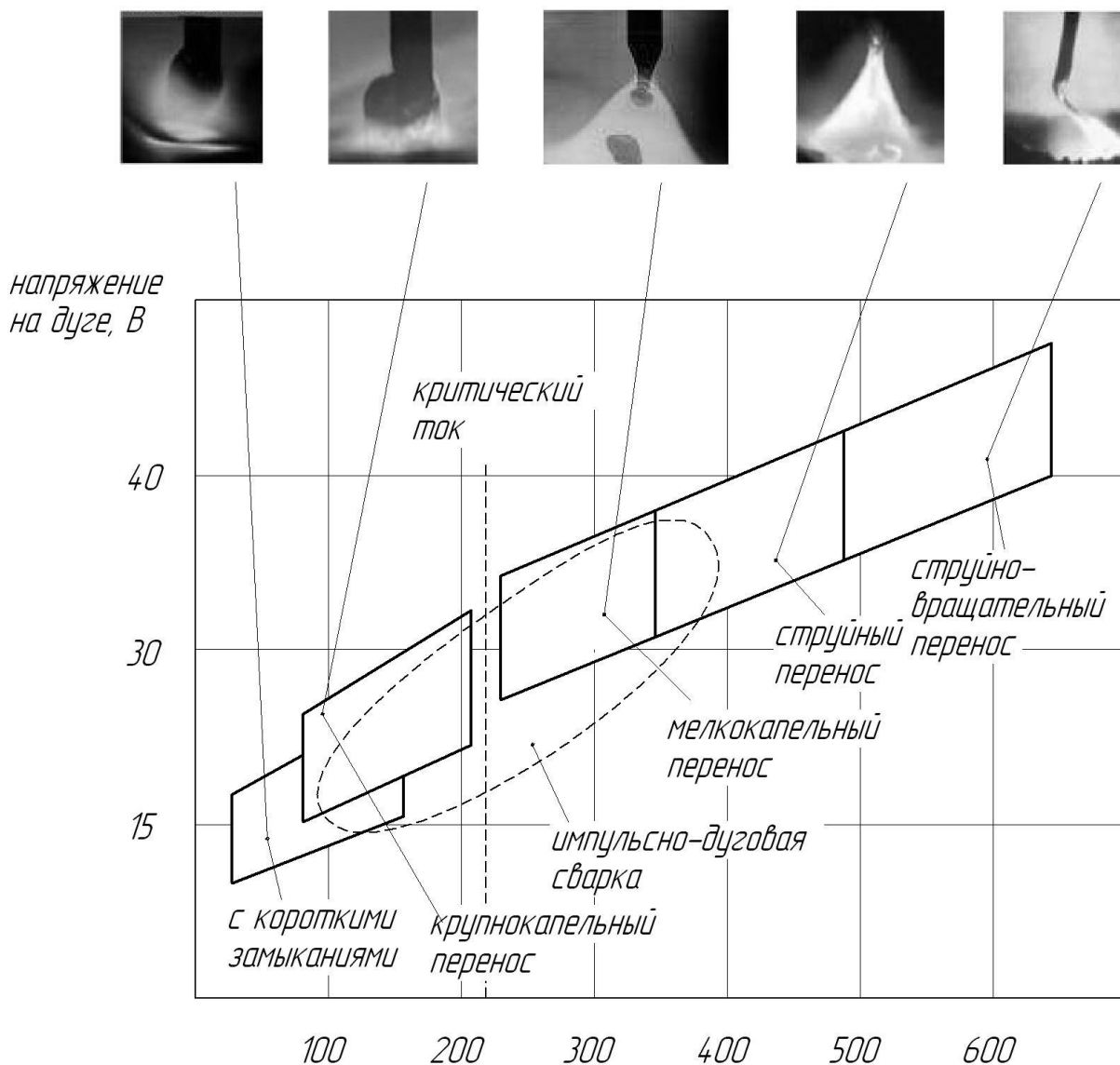


Рисунок 12 – Типы дуги при MIG/MAG сварке

Многочисленные исследования посвящены вопросу повышения эффективности механизированной сварки, а именно, снижению разбрызгивания и увеличению производительности [7], [18].



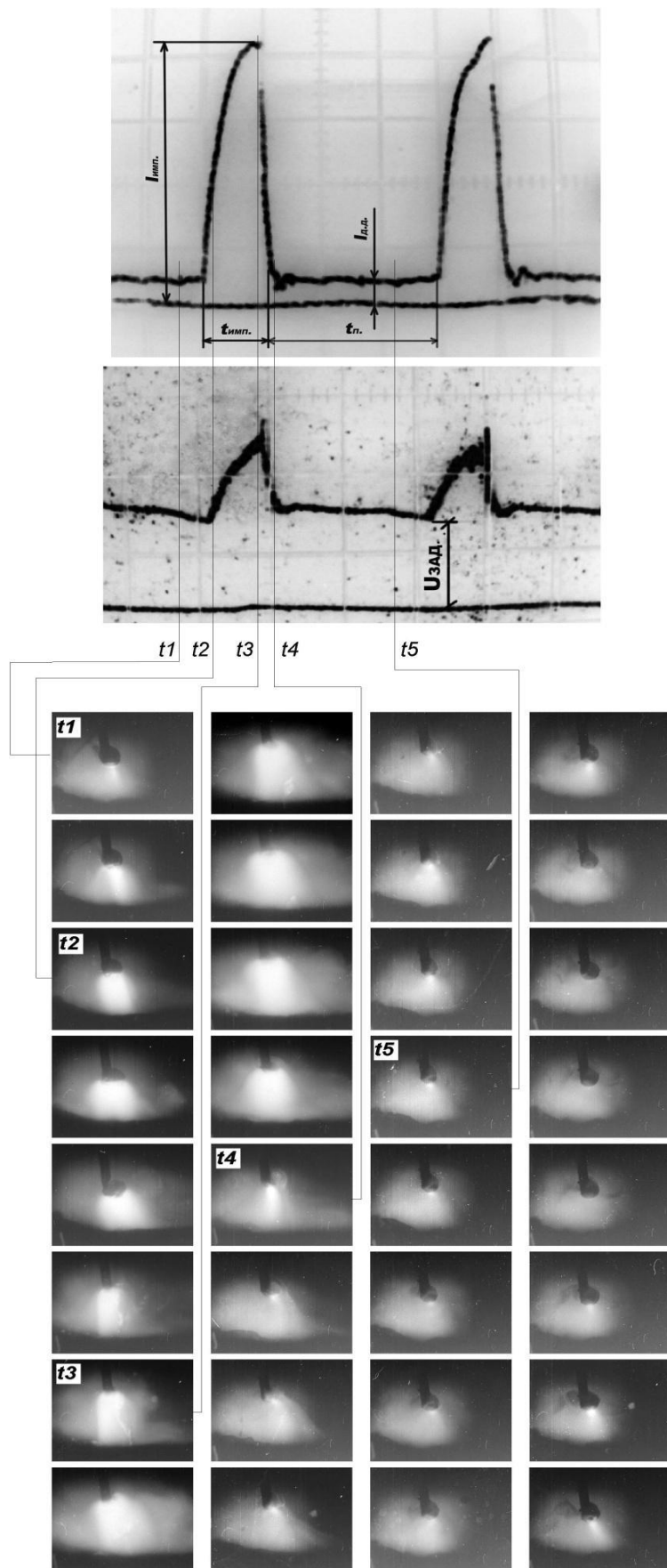


Рисунок 13 – Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой [7]

Горение дуги с импульсным управлением позволяет:

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

Кинограмма импульсной сварки, представленная на рисунке 13, позволяет установить, что в рассматриваемом случае при коротком замыкании не происходит разбрызгивания электродного металла, кроме того, повышение сварочного тока после переноса капли приводит к росту эффективности нагрева основного металла и повышению производительности сварки.

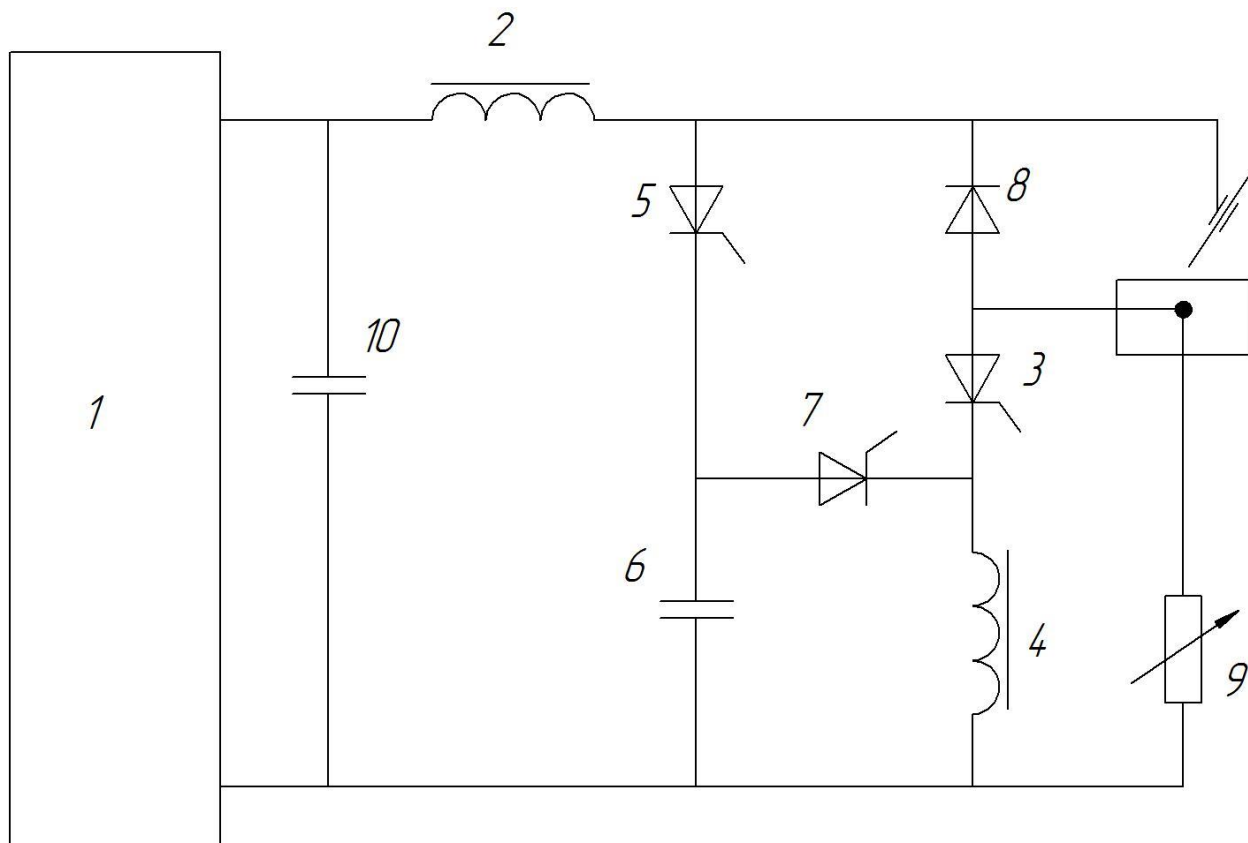
Для импульсной сварки предлагается устройство, разработанное отечественными исследователями [1], представленное на рисунке 14.

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: «+» сварочного выпрямителя 1 - сглаживающий дроссель 2 – сварочная дуга – силовой тиристор 3 – коммутирующий дроссель 4 – «-» сварочного выпрямителя 1.

При достижении переемычки критических размеров в открытое состояние переходит зарядный тиристор 5. С этого момента начинается протекание зарядного тока по цепи: «+» сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – зарядный тиристор 5 – коммутирующий конденсатор 6 – «-» 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 дуговой промежутке и способствует образованию новой капли расплавленного металла на конце электрода.



- 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 14 – Устройство для импульсной сварки

После того, как на конце электрода образовалось необходимое количество расплавленного металла, открывается вспомогательный тиристор 7. В этом случае напряжение с заряженного коммутирующего конденсатора 6 прикладывается к коммутирующему дросселю 4. Это приводит к закрытию силового тиристора 3. Закрывается вспомогательный тиристор 7 при перезаряде коммутирующего конденсатора 6.

При этом начинается протекание тока паузы, который проходит по цепи: «+» сварочного выпрямителя 1 – сглаживающий дроссель 2 – сварочная дуга – секционированный резистор 9 – «-» сварочного выпрямителя 1. При этом величина тока паузы задаётся параметрами секционированного резистора 9.

На рисунке 15 изображены диаграммы тока и напряжения при сварке с использованием предлагаемого устройства.

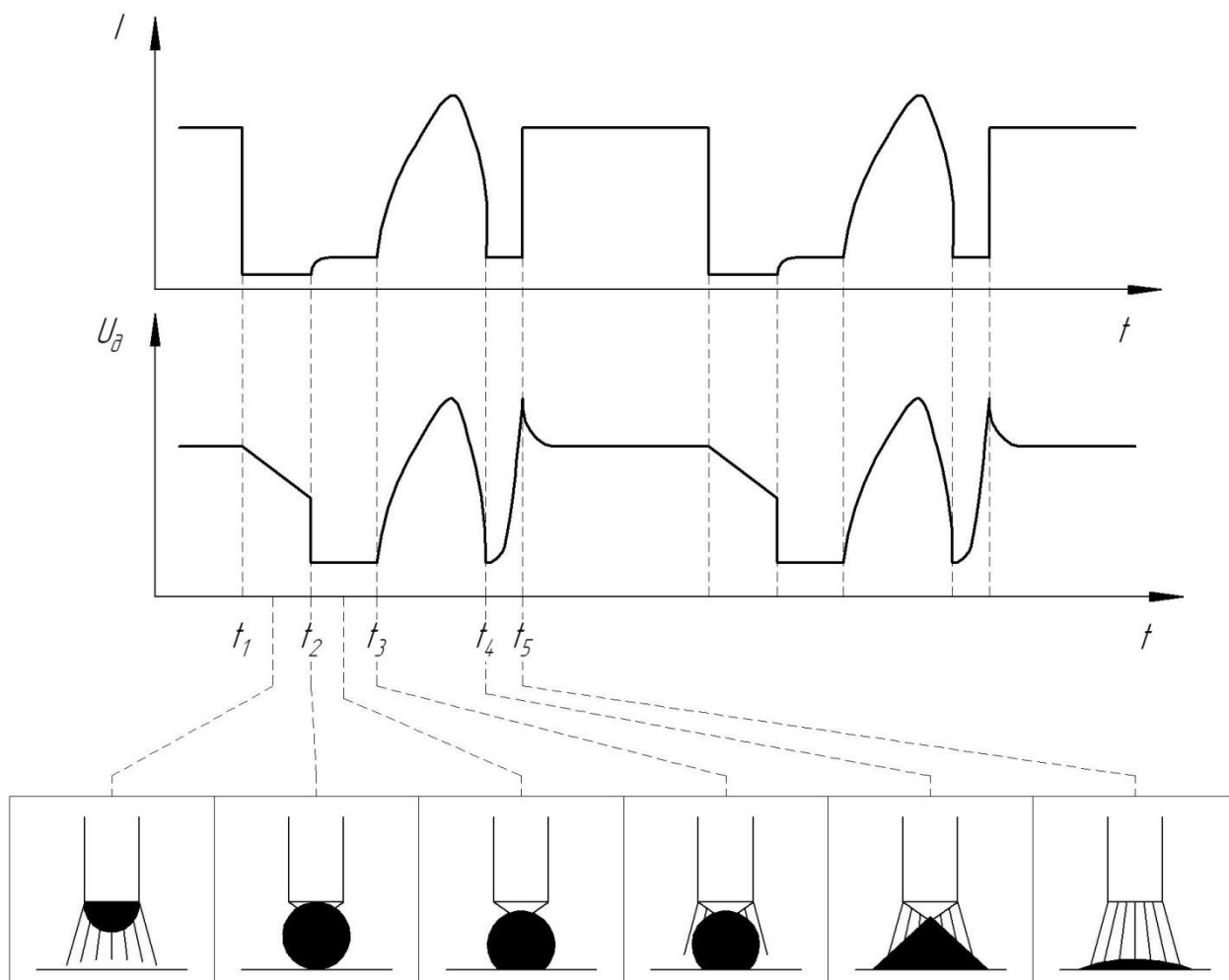


Рисунок 15 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

В момент времени  $t_1$  происходит резкое снижение сварочного тока. На интервале времени  $t_1-t_3$  величина протекающего через дуговой промежуток тока ограничивается резистором 9. В момент времени  $t_2$  происходит короткое замыкание (касание капли расплавленного металла поверхности сварочной ванны). На интервале времени  $t_2-t_3$  происходит слияние капли электродного

металла со сварочной ванной. На интервале времени  $t_3-t_4$  через дуговой промежуток протекает импульс зарядного тока, ускоряющий переход капли расплавленного электродного металла в сварочную ванну за счёт электродинамических сил. Импульс зарядного тока заканчивается до окончания короткого замыкания. На интервале времени  $t_4-t_5$  ток через дуговой промежуток ограничивается резистором  $R$ , в результате чего разрыв переключки между торцем электрода и каплей металла происходит при небольшом токе паузы. После разрыва переключки в момент времени  $t_5$  через дуговой промежуток протекает сварочный ток, и далее процесс повторяется.

В результате использования предлагаемого устройства для сварки появляется возможность:

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

### **2.3 Требования к подготовке дефектного места**

Следует зачистить основной металл на ширину 20...25 мм с применением металлической щётки, машинки шлифовальной. Для определения границ трещины можно использовать нагрев газовой горелкой до температур 100...150 °С.

Далее следует визуально выявить наличие трещины, её длину и расположение в конструкции, отметить концы трещины.

При оценке ремонтпригодности трещин следует измерить длину трещины и её положение:

- если длина трещины составляет более 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть менее 100 мм;
- если длина трещины составляет менее 100 мм, и трещина расположена параллельно сварному шву, то расстояние между трещиной и сварным швом должно быть не менее 20 мм (но не менее толщины основного металла);
- не допускается пересечение трещиной сварного шва.

Разделку трещины под заварку с применением механизированной сварки в защитных газах выполняем по ГОСТ 14771 в соответствии с требованием соединения С17, представленными на рисунке 16.

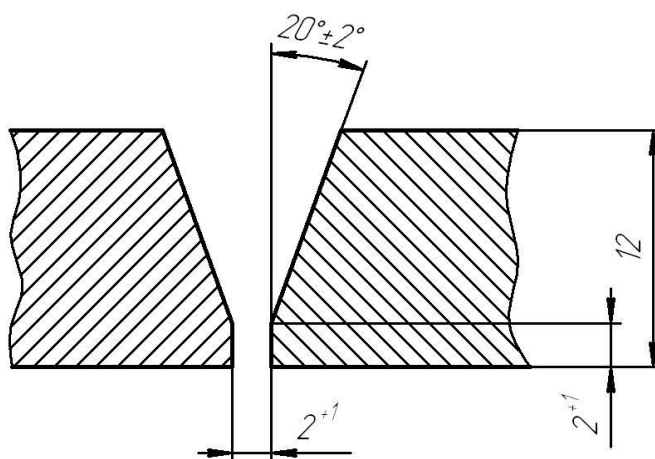


Рисунок 16 – Разделка дефектного места на конструкции согласно ГОСТ 14771-78 (С17)



Рисунок 17 - Аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND

В случае разделки несквозной трещины следует выполнить вдавливание металла на 1...2 мм больше глубины трещины и на 15...20 мм больше длины

трещины. Если выполняется разделка сквозной трещины, необходимо при помощи сверления выполнить отверстия диаметром 8..12 мм на концах трещины, причём, отверстия должны располагаться на  $\frac{1}{2}$  диаметра сверла дальше конца трещины.

Для плазменной строжки применим аппарат воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND, представленный на рисунке 17.

## 2.4 Требования к сварочным материалам

Сварочными материалами в нашем случае являются: сварочная проволока, представленная на рисунке 18-а, и углекислый газ, представленный на рисунке 18-б.



Рисунок 18 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

К сварочной проволоке предъявляются следующие требования:

- предельное отклонение диаметра от номинального 0,16 мм, допустимая овальность - 0,08 мм;
- на поверхности проволоки не допускается наличие: ржавчины, загрязнений, технологических смазок;
- проволока принимается техническим контролем предприятия.

В качестве электродной проволоки для сварки стали 09Г2С используем цельнотянутую сварочную проволоку Св-08Г2С, с целью

обеспечения однородности (химической и механической) основного металла и металла сварного соединения. Основным требованием к электродным проволокам является соответствие их химического состава ГОСТ 2246-70. Химический состав проволоки приведен в таблице 7, механические свойства наплавленного металла приведены 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

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

Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	
			°С	Дж/см <sup>2</sup>
$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	-20 °С	65
450	550	30		

С целью стабилизации сварного шва и улучшения технологических свойств, проволока покрывается слоем меди, образующей гладкую поверхность. На поверхности не допускаются следы ржавчины, загрязнений и технологических покрытий, за исключением следов мыльной смазки без графита и серы. Толщина медного покрытия на проволоке не менее 0,15 мкм, покрытие имеет прочное сцепление с основой.

Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов.



## 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.

При сварке в качестве защитного газа используется углекислый газ высшего и первого сорта (ГОСТ 8050). Расход газа при сварке принимаем 1,0...1,4 м<sup>3</sup>/ч. Геометрические размеры сварного шва представлены на рисунке 19.

Для защиты поверхности деталей от сварочных брызг применяются жидкие концентраты, не влияющие на качество сварки, например, лигносульфонат. Разбавление лигносульфоната проводят в горячей воде, температура которой должна быть 50...60 °С. Разбавление проводят с получением раствора по массе 1:4 или по объёму 1:5. Нанесение защитного раствора проводят с применением кисти, на ширину 100...150 мм от оси разделки. После нанесения защитного состава на поверхность конструкции необходимо дать ему высохнуть в течение 1...2 часов. После высыхания защитного раствора можно начинать процесс сварки.

В качестве источника питания дуговой сварки применим выпрямитель ВДУ-506, представленный на рисунке 20.

В качестве податчика проволоки используем полуавтомат ПДГ-525, представленный на рисунке 21.

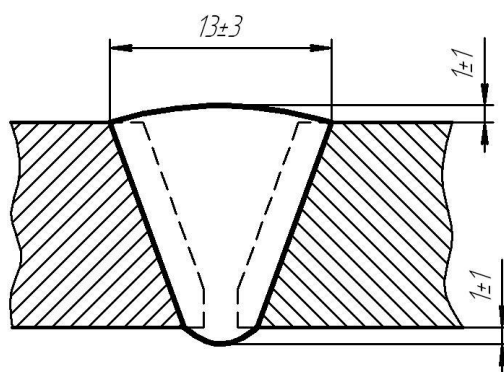


Рисунок 19 – Геометрия получившегося при сварке шва



Рисунок 20 – Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506



Рисунок 21 – Сварочный полуавтомат ПДГ-525

### **Выводы по второму разделу**

В работе поставлена цель – повышение качества и производительности ремонтной сварки металлических конструкций мостовых кранов.

Ранее были сформулированы задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- предложить мероприятия по повышению эффективности ремонтной сварки с применением выбранного способа;
- составить проектную технологию ремонтной сварки.

При анализе возможных способов сварки, которые могут быть использованы при ремонте металлических конструкций мостовых кранов,

были рассмотрены: ручная электродуговая сварка, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, механизированная сварка в защитных газах.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [1]. В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

Составлены требования к операциям технологического процесса ремонтной сварки конструкции, назначены параметры режима обработки, оборудование и сварочные материалы для осуществления проектной технологии.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонте несущих конструкций грузоподъемной техники.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения с импульсным управлением дугой.. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям. Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, приведённых в таблице 9. Первой операцией технологического процесса является зачистка трещины от грязи и краски, выполняемая с применением машинки угловой шлифовальной, дрели электрической, щетки металлической. Второй операцией технологического процесса является разделка трещины, выполняемая с применением аппарата плазменной резки. Третьей операцией технологического процесса является заполнение разделки, выполняемое с применением сварочного выпрямителя, полуавтомата, формирователя импульсов согласно [1]. Четвёртой операцией технологического процесса является контроль качества.

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Зачистка трещины от грязи и краски	Слесарь-сборщик	Дрель, лупа, машина шлифовальная угловая,	Абразивный круг, металлическая щетка, сверло
2. Разделка кромок трещины	Газоэлектросварщик	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND	Щётка металлическая, вода техническая
3. Заполнение разделки трещины	Газоэлектросварщик	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, сварочный полуавтомат ПДГ-525	Сварочная проволока Св-08Г2СЦ, лигосульфат, углекислый газ
4. Контроль качества ремонтной сварки	Дефектоскопист	Лупа, машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230	Керосин, мел, рукавицы

На основании анализа данных таблицы 9 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 10.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к

различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Зачистка трещины от грязи и краски	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	Машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, дрель
2. Разделка кромок трещины	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> </ul>	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, аппарат для воздушно-плазменной резки Powermax 125 HAND
3. Заполнение разделки трещины	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	Выпрямитель дуговой сварки ВДУ-506, сварочный полуавтомат ПДГ-525
4. Контроль качества ремонтной сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	машина угловая шлифовальная МШУ-1-6-230, дефектоскоп

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 11 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) радиоактивное излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

На основании идентифицированных профессиональных рисков, возникающих при реализации проектной технологии, возможен последующий их анализ и выработка решений по их снижению до приемлемого уровня, приведённые в таблице 11.

Таким образом, реализация в производстве проектной технологии, операции которой подробно описаны в настоящей выпускной квалификационной работе, сопровождается опасными и вредными производственными факторами. Источниками этих опасных и вредных производственных факторов является применяемое технологическое оборудование и другие объекты производства. Эти источники были приведены и проанализированы выше при идентификации опасных и вредных производственных факторов.

На основании анализа профессиональных рисков, возникающих при воздействии описанных производственных факторов предложены стандартные мероприятия и средства защиты, которые позволяют полностью устранить влияние опасного фактора. Приведённые мероприятия и меры защиты позволили также снизить влияние вредных производственных факторов до приемлемого уровня.

Предложенные меры позволили исключить травматизм при реализации проектного технологического процесса и защитить работника от получения профессиональных заболеваний.

Однако осуществление проектной технологии предусматривает не только возникновение опасных и вредных факторов, влияющих на участников производственного процесса. Негативному воздействию подвергается окружающая среда. Таким образом, технологический процесс может представлять угрозу за счёт возникновения неблагоприятных экологических факторов (загрязнение воздуха, гидросферы и литосферы).

Кроме того, нормальное протекание технологического процесса может нарушаться при возникновении пожара, который становится ещё одним фактором отрицательного влияния на окружающую среду и участников



производства (работающий персонал, производственные здания и оборудование).

Изучению вопроса экологической и пожарной безопасности посвящена вторая половина настоящего раздела выпускной квалификационной работы.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 12, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 13.

Таблица 12 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка	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)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 13 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

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 металлических конструкций	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 14.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности

Таблица 15 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 16 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 15 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 16.

### **Выводы по экологическому разделу**

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии ремонтной сварки.

Изучение особенностей технологического процесса механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъемной техники. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки с импульсным управлением дугой.

Первой операцией технологического процесса является зачистка трещины от грязи и краски, выполняемая с применением машинки угловой шлифовальной, дрели электрической, щетки металлической. Второй операцией технологического процесса является разделка трещины, выполняемая с применением аппарата плазменной резки. Третьей операцией технологического процесса является заполнение разделки, выполняемое с применением сварочного выпрямителя, полуавтомата, формирователя импульсов согласно [1]. Четвертой операцией технологического процесса является контроль качества. При выполнении базовой технологии сварки применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	100 тыс.	400 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	12	20
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	100	100
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, приведённых в таблице 17: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{\text{п}} = 1$  час,

принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени  $B = 7 \%$ :

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время  $t_{шт}$  является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени  $t_{маш}$ ; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени  $t_{всп}$ ; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования)  $t_{обсл}$ ; времени  $t_{отд}$  на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного



времени  $t_{П-З}$ :

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 5 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 9 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 3 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 5 \text{ ч.}$$

Годовая программа  $П_{Г}$  выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени  $F_{э}$  и согласно (3) штучного времени  $t_{шт}$ :

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

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

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $П_{Г} = 100$  дефектов в год.

При этом необходимое количество  $n_{расч}$  оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента  $K_{вн}$  выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ ):

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

Требуемое количество оборудования  $n_{расч}$  для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{9 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,4, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{5 \cdot 100}{2054 \cdot 1,03} = 0,2.$$

Необходимое количество оборудования  $n_{пр}$ , которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному

вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ( $n_{пр} = 1$ ). Коэффициент  $K_3$  загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки  $K_3$  для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,4/1 = 0,4, \quad K_{3п} = 0,2/1 = 0,2.$$

#### **4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии**

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты  $M$  на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{тз}$  транспортно-заготовительных расходов:

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

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

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

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

Объём основной заработной платы  $Z_{осн}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии,

рассчитаем с учётом штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента  $K_д$  доплат:

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

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

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

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

Объём дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента  $K_{доп}$  дополнительных доплат ( $K_{доп} = 12 \%$ ):

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

Дополнительная заработная плата  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

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

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

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП$  вычисляется как сумма основной  $Z_{осн}$  и дополнительной  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

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

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

Объём отчислений  $O_{сн}$  из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента  $K_{сн}$  отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

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

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

Затраты  $Z_{\text{об}}$  на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат  $A_{\text{об}}$  на амортизацию и  $P_{\text{ээ}}$  на электрическую энергию:

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

Величина  $A_{\text{об}}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{\text{об}}$ , нормы амортизации  $H_{\text{а}}$ , машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , и эффективного фонда времени  $F_{\text{э}}$  с использованием зависимости:

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

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

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

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

Расходы  $P_{\text{ээ}}$  на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{\text{уст}}$ , цены электрической энергии  $C_{\text{ээ}}$  для предприятий, машинного времени  $t_{\text{маш}}$  и  $KПД$  оборудования:

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

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

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

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

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 52 + 274 = 326 \text{ руб.},$$

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

Технологическая себестоимость  $C_{\text{тех}}$  рассчитывается как сумма затрат на материалы  $M$ , фонда заработной платы  $\Phi ЗП$ , отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$  и затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$ :

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

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

Цеховая себестоимость  $C_{\text{цех}}$  рассчитывается с учётом технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{цех}}$  цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

Заводская себестоимость  $C_{\text{зав}}$  рассчитывается с учётом цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{зав}}$  заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

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

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

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 18.

Таблица 18 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>М</i>	412	55
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	3790	2106
3. Отчисления на соц. нужды	<i>О<sub>СН</sub></i>	1289	716
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	326	351
5. Технологическая себестоимость	<i>С<sub>тех</sub></i>	5817	3228
6. Цеховые расходы	<i>Р<sub>цех</sub></i>	5076	2820
7. Цеховая себестоимость	<i>С<sub>цех</sub></i>	10893	6048
8. Заводские расходы	<i>Р<sub>зав</sub></i>	3892	2162
9. Заводская себестоимость	<i>С<sub>зав</sub></i>	14785	8210

Таким образом, на основании данных таблицы 18 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

#### **4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии**

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $C_{\text{об.б.}}$ ,

коэффициента загрузки оборудования  $K_{з.б.}$  рассчитанного для базового варианта согласно (6):

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

Остаточную стоимость  $Ц_{об.б.}$  оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования  $Ц_{перв.}$ , срока службы оборудования  $T_c$  и нормы амортизации  $H_a$  оборудования:

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

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

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

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

Капитальные затраты  $K_{общ. пр.}$  для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование  $K_{об. пр.}$ , вложений в производственные площади  $K_{пл. пр.}$ , сопутствующих вложений  $K_{соп.}$ :

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

Капитальные вложения  $K_{об. пр.}$  в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования  $Ц_{об. пр.}$ , коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{тз}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{зп}$  по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

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

Сопутствующие капитальные вложения  $K_{\text{соп}}$  по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  базового оборудования и расходов на монтаж  $K_{\text{монт}}$  проектного оборудования:

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

Расходы на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  и монтаж  $K_{\text{монт}}$  рассчитываем с учётом стоимости оборудования  $C_{\text{б}}$  и  $C_{\text{пр}}$  по базовому и проектному вариантам, коэффициентов  $K_{\text{д}}$  и  $K_{\text{м}}$  на демонтаж и монтаж оборудования:

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

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

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

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{доп}}$  рассчитываем исходя из капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  и  $K_{\text{общ. б.}}$  для проектного и базового вариантов технологии:

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

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

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



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

После подстановки в (25) соответствующих значений:

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

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

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени  $t_{шт.б.}$  и  $t_{шт.пр.}$  по базовому и проектному вариантам:

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

Расчёт повышения производительности труда  $П_T$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$ :

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = \frac{100 \cdot 44}{100 - 44} = 78\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{тех}$  при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

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

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

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

Расчёт условно-годовой экономии  $\text{Пр}_{\text{ож}}$  (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

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

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

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

Срок окупаемости  $T_{\text{ок}}$  дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

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

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

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

Годовой экономический эффект  $\text{Э}_{\Gamma}$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

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

## **Выводы по экономическому разделу**

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъёмной техники применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения и импульсным управлением сварочной дугой. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 44 %, повышение производительности труда на 78 %, уменьшение технологической себестоимости на 44 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 658 тыс. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 629 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение качества и производительности ремонтной сварки металлических конструкций мостовых кранов.

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки несущих конструкций грузоподъемной техники применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах при заполнении разделки трещины.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: зачистка трещины от грязи и краски, разделка трещины, заполнение разделки, контроль качества.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 629 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Полученные результаты предлагается внедрить при ремонтной сварке несущих конструкций грузоподъемной техники.

## 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. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
6. Брауде М. З., Воронцова Е. И., Ландо С. Я. Охрана труда при сварке в машиностроении. М. : Машиностроение, 1978. 144 с.
7. Гецкин О. Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Чебоксары: НПП «Технотрон». 2010.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Дукельский А. И. Справочник по кранам. Л. : Машиностроение, 1971. 400 с.
10. Гохберг М. М., Семенов В. П. Усталостные разрушения в металлических конструкциях кранов // Тр. ЛПИ. 1954. Вып. 3. С. 110–118.

11. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учебно-методическое пособие. Тольятти, 2012. 135 с.
12. Емельянов О. А. Усталостные повреждения сварных крановых мостов // Автоматическая сварка. 2004. № 5. С. 33–39.
13. 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.
14. Концевой Е. М., Розенштейн Б. М. Ремонт крановых металлоконструкций. М. : Машиностроение, 1979. 206 с.
15. Короткий А. А., Логвинов А. С., Павленко А. Н., Хальфин М. Н. Техническая экспертиза аварии мостового крана. Новочеркасск : НПИ, 1993. 217 с.
16. 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.
17. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
18. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи проволоки и ее плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.
19. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ, 2005. 35 с.
20. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. Л. : Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. 480 с.
21. 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.

22. Николаев А. Г. (пред.) Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. М. : Машиностроение, 1978. т.2. 462 с.

23. Нургужин М. Р. Разработка методологических основ расчета характеристик живучести крановых металлоконструкций : дис. ... док. техн. наук. Караганда : Карагандинский гос. тех. ун-т. 1999.

24. Павленко А. Н. Количественная оценка риска эксплуатации мостовых кранов по их фактической нагруженности : дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск : Южно-Российский гос. техн. ун-т. 1999.

25. 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.

26. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М. : Машиностроение, 1974. 240 с.

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

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

29. РД 24.090.52-90. Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций. М. : ОАО ВНИИПТМАШ, 1990. 42 с.

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

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

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

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

34. Яхнин Р. Н. Ремонт металлоконструкций мостовых кранов. Л. : Металлургия, 1990. 96 с.