

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс ремонта трубопровода
диаметром 325 мм

Студент	<u>А.Ю. Мишустин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>К.В. Моторин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В настоящее время при ремонте технологических трубопроводов применяются технологии, которые предусматривают использование ручной дуговой сварки. С одной стороны, это связано с простотой сварочного процесса, его доступностью для монтажных условий ремонта, широким спектром имеющихся сварочных материалов и оборудования. В то же время ручной метод сварки регламентирован различными нормативно-техническими документами, которыми руководствуются при выполнении работ на технологических трубопроводах, в том числе и под давлением. Главным недостатком является сравнительно низкая скорость сварки, что отражается на продолжительности процесса ремонта.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов диаметром 325 мм из теплоустойчивых сталей.

В работе выполнены следующие задачи 1) произвести обзор и выбрать перспективный способ сварки, повысить его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции; 2) произвести обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установить параметры режима ремонтной сварки; 3) составить проектную технологию ремонтной сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования; 4) произвести экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала; 5) произвести экономическую оценку предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Пояснительная записка включает в себя 64 страницы, графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.	5
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Описание объекта и вводные данные по необходимому ремонту оборудования	7
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Базовая технология ремонтной сварки.	13
1.4 Анализ научно-технических работ по теме исследования.	21
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. . .	22
2 Проектная технология ремонтной сварки	
2.1 Выбор способа сварки.	24
2.2 Выбор сварочных материалов.	28
2.3 Конструкция сварного соединения и параметры режима сварки.	29
2.4 Оборудование для сварки и термической обработки	32
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта.	36
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса.	38
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков.	39
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки.	41
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	42
3.6 Заключение по разделу.	43

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	44
4.2 Расчёт фонда времени	46
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	47
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	50
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии.	54
4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям . .	54
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии.	57
4.8 Заключение по экономическому разделу.	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.	62

ВВЕДЕНИЕ

В связи с резким увеличением цен на энергоносители и износом основного оборудования значительная часть предприятий нефтегазового комплекса нуждается в техническом переоснащении. Проведение реконструкции в первую очередь связано как с необходимостью уменьшения энергозатрат при производстве того или иного вида продукции, так и с увеличением глубины переработки используемого сырья.

В настоящее время при ремонте технологических трубопроводов применяются технологии, которые предусматривают использование ручной дуговой сварки. С одной стороны, это связано с простотой сварочного процесса, его доступностью для монтажных условий ремонта, широким спектром имеющихся сварочных материалов и оборудования. В то же время ручной метод сварки регламентирован различными нормативно-техническими документами, которыми руководствуются при выполнении работ на технологических трубопроводах, в том числе и под давлением. Главным недостатком является сравнительно низкая скорость сварки, что отражается на продолжительности процесса ремонта [1].

При ремонте поврежденных участков трубопроводов используют бандажи и муфты различных конструкций. Они обеспечивают усиление стенки трубы, а также сохранение работоспособности магистрали при нарушении целостности стенки в месте дефекта под муфтой. Для соединения отдельных цилиндрических элементов между собой, а также с трубопроводом, применяют продольные стыковые и кольцевые нахлесточно-стыковые сварные швы.

Таким образом, существует необходимость в интенсификации ремонтно-сварочных работ с одновременным повышением их качества и безопасности. Одним из вариантов выхода из такого положения является применение технологий механизированной дуговой сварки в защитных газах новейшими сварочными материалами.

Установки каталитического риформинга представляют собой комплекс процессов, включающих гидроочистку сырья, каталитический риформинг и стабилизацию конденсата. В состав установок входит большое количество разнообразного и сложного оборудования, в том числе реакторные блоки с отделением трубчатых печей, эксплуатирующиеся при повышенных давлениях и температурах. Это оборудование подвергается воздействию агрессивных газовых сред, содержащих водород и сероводород. Такое воздействие в определенных условиях приводит к водородной коррозии, проявляющейся в изменении структуры металла, деградации механических характеристик [11, 14], что повышает опасность возникновения разрушения конструкции при гидравлических или пневматических испытаниях во время технических освидетельствований.

Для труб прежнего производства с недостаточными технологическими гарантиями требуемого качества особое значение приобретает выявление и устранение дефектов, снижающих прочность трубопроводов. Значительную опасность могут представлять дефекты в зонах холодного деформирования, поскольку при этом заметно ухудшается сопротивление разрушению металла труб.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов диаметром 325 мм из теплоустойчивых сталей.

Поставленная цель будет достигаться путём выбора производительного способа сварки, подбора сварочных материалов и оборудования, составления на их основе проектной технологии ремонтной сварки.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание объекта и вводные данные по необходимому ремонту оборудования

Установки каталитического риформинга представляют собой комплекс процессов, включающих гидроочистку сырья, каталитический риформинг и стабилизацию конденсата. В состав установок входит большое количество разнообразного и сложного оборудования, в том числе реакторные блоки с отделением трубчатых печей, эксплуатирующиеся при повышенных давлениях и температурах. Это оборудование подвергается воздействию агрессивных газовых сред, содержащих водород и сероводород. Такое воздействие в определенных условиях приводит к водородной коррозии, проявляющейся в изменении структуры металла, деградации механических характеристик [8, 9, 10], что повышает опасность возникновения разрушения конструкции при гидравлических или пневматических испытаниях во время технических освидетельствований.

Трубчатые печи являются одним из основных аппаратов, определяющих производительность установок. Тепловой режим работы трубчатых печей колеблется в пределах от 350 до 450 °С для змеевиков сырьевых печей и повышается до 470...515 °С для змеевиков промежуточных печей процессов риформинга.

Радиантно-конвекционная трубчатая печь П-1 установки каталитического риформинга и гидроочистки ЛГ-35-11/300 состоит из четырех рядом расположенных радиантных камер и примыкающей к ним общей конвекционной камеры. В каждой радиантной камере размещено по два змеевика из десяти труб размером 325x12 мм, соединяемых между собой коллекторами Ду 200; материал труб радиантной камеры и коллекторов – сталь марки 15X5М. Змеевик конвекционной камеры выполнен из стали марки 12CrMo19.5 TGL 15089 (немецкий аналог стали отечественного

производства марки 15X5M); размер труб змеевика 325x12 мм. В трубчатых печах производится нагрев смеси сырья с циркулирующим газом и, кроме того, промежуточный подогрев парогазовых потоков между реакторами. Тепловой режим работы трубчатой печи приведен в табл. 1.1.



Рисунок 1.1 – Установка ЛГ-35-11/300

Таблица 1.1 - Рабочие условия эксплуатации печных труб печи П-1 установки каталитического риформинга и гидроочистки ЛГ-35-11/300

Наименование	Температура, °С		Давление газопродуктовой смеси (пары бензина и водородосодержащий газ), МПа	
	ВХОД	ВЫХОД	ВХОД	ВЫХОД
Конвекционная камера	250	350	5,0	4,55
Радиантная камера I	420...450	520	4,0	4,0
Радиантная камера II	420...450	520	4,0	4,0
Радиантная камера III	473	520	4,0	3,8
Радиантная камера IV	500	520	4,0	3,6

Различные оценки явлений старения металла трубопроводов свидетельствуют прежде всего о сложности данной проблемы и значительных трудностях прогнозирования последствий продолжительной эксплуатации. Это подтверждает высказанное в работе [6] мнение о целесообразности дифференциального подхода к оценке текущего состояния металла действующих трубопроводов в зависимости от конкретных условий эксплуатации, внешних воздействий, исходных характеристик материала и т.п. В большинстве проведенных исследований отмечается незначительное влияние условий эксплуатации на стандартные механические свойства металла труб. Это практически нивелирует значение фактора старения металла при расчетах на прочность магистральных трубопроводов в рамках традиционно принятых подходов. Такая оценка приемлема только для материала без дефектов, способного к пластическому (вязкому) разрушению при заданных температурно-силовых нагрузках.

Что касается старых трубопроводов, тем более с пониженными значениями характеристик сопротивления разрушению материала, то подобный подход к оценке прочности является недостаточным. На основе реальных остаточных свойств металла труб необходимо выполнить расчетную оценку прочности трубопровода с такими дефектами металла, параметры которых, согласно действующей нормативной документации, считаются допустимыми.

Решение этой и других подобных задач требует комплексного нормативного и технологического обеспечения, включая методики расчетной оценки прочности, определение параметров дефектности и свойств материала, правила обследования, восстановления поврежденных участков и др.

Если рассматривать влияние фактора времени, то практически во всех случаях отсутствуют образцы-свидетели, на основании которых можно было бы выполнить наиболее достоверную оценку изменений параметров состояния материала. Очевидно также, что полностью отсутствует

информация об исходных характеристиках материала, которые определяются новыми методами испытаний. Отметим, что некорректная оценка уровня исходных свойств может привести к ошибочным выводам относительно последствий процессов старения.

Как подчеркивалось в работах [6, 7], нельзя игнорировать некоторые особенности трубного металла, например, довольно существенный разброс исходных значений механических свойств или изменения качественных характеристик в разные периоды времени, что связано с широкомасштабностью производства трубной стали и труб, особенно в прошедшие годы, а также с усовершенствованием производственных технологий.

Таким образом, оценка текущего состояния металла с точки зрения его пригодности к эксплуатации при заданных условиях должна производиться с обязательным учетом уровня качества труб прежнего производства.

Жесткие условия эксплуатации трубчатой печи П-1 с наработкой материала в течении 200 тыс. ч, при парковом ресурсе в 100 тыс. ч поставили задачу определить работоспособность материала труб для оценки возможности продления срока службы печи, поскольку надежность и безопасность оборудования, выработавшего нормативный (расчетный) срок службы, зависят от состояния металла и вопросы возможности дальнейшей эксплуатации решаются на основании изучения характера изменения физико-механических свойств материала в процессе его эксплуатации.

1.2 Сведения о материале изделия

В каждой радиантной камере размещено по два змеевика из десяти, соединяемых между собой коллекторами; материал труб радиантной камеры и коллекторов – сталь марки 15X5M. Змеевик конвекционной камеры выполнен из стали марки 12CrMo19.5 TGL 15089 (немецкий аналог стали отечественного производства марки 15X5M). Среднелегированные хромомолибденовые жаропрочные стали, к числу которых относятся сталь

марок 15X5M и 12CrMo19.5, по сложившейся в нефтепереработке практике используются в виде труб в печных змеевиках и обвязочных трубопроводах реакторного блока, поскольку хорошо зарекомендовали себя в гидрогенизационных процессах.

Были проведены лабораторные исследования материала контрольных участков труб, вырезанных из змеевика конвекционной камеры и коллектора радиантной камеры II, содержащие сварные швы. Химический состав металла исследуемых элементов печного змеевика приведен в табл. 1.2, здесь же указаны требования стандартов к химическому составу данных марок сталей.

Основными легирующими элементами этих сталей являются хром, молибден и ванадий. Молибден как один из главных элементов, определяющих жаропрочность стали, находится в основном в твердом растворе. Он уменьшает диффузионную подвижность атомов и скорость движения дислокаций. Определенное количество молибдена позволяет получить оптимальное сочетание прочности и пластичности стали. При этом участие молибдена в образовании карбидов ограничено. В его присутствии формируются карбиды хрома и ванадия. Последний положительно влияет на повышение длительной прочности и предела ползучести благодаря образованию термической стойкости карбидов.

Одним из основных условий технологии ремонтной сварки являются мероприятия, предупреждающие образование холодных трещин в сварных соединениях. Как известно [12, 13], образование холодных трещин (замедленное разрушение) обусловлено сочетанием трех факторов: образованием закалочных структур в зоне термического влияния (ЗТВ) или металле шва; содержанием диффузионного водорода и уровнем остаточных сварочных напряжений в сварном соединении. Отсутствие закалочных структур в сварном соединении можно обеспечить выбором тепловых режимов и условий сварки. Как правило, это достигается применением предварительного и сопутствующего нагрева, при которых скорость

охлаждения будет способствовать формированию структуры металла ЗТВ, устойчивой против образования трещин.

Таблица 1.2 – Химический состав исследуемого металла (числитель – основной металл, знаменатель – сварной шов) [11]

Химические элементы	Наименование			
	Труба конвекционной камеры из стали 12CrMo19.5	Сталь 12CrMo19.5 по стандарту TGL 15089	Коллектор III радиантной камеры из стали 15X5M	Сталь 15X5M по ГОСТу 200072-74
C	0,120 / 0,108	0,08-0,15	0,12 / 0,085	0,15
Mn	0,42 / 0,41	0,30-0,60	0,47 / 1,4	0,5
Si	0,23 / 0,23	0,30-0,50	0,25 / 0,45	0,5
Cr	4,80 / 4,73	4,0-6,0	5,6 / 4,6	4,5-6,0
Mo	0,56 / 0,56	0,45-0,65	0,53 / 0,59	0,45-0,60
Ni	0,09 / 0,09	-	0,15 / 0,11	0,6
S	0,016 / 0,025	0,020	0,0075 / 0,069	0,025
P	0,010 / 0,010	0,025	0,026 / 0,065	0,030
Al	0,04 / 0,04	-	-	-
Cu	0,12 / 0,13	-	0,14 / 0,77	0,20
W	0,05 / 0,05	-	0,01 / 0,01	0,3
V	0,05 / 0,05	-	0,02 / 0,13	0,05
Ti	0,05 / 0,05	-	0,005 / 0,03	0,03

Комплекс механических характеристик основного металла и сварных соединений получен при комнатной и высоких температурах, которые соответствовали рабочим условиям – 365 °С для стали марки 12CrMo19.5 и 525 °С для стали марки 15X5M (табл. 1.3).

Эффект резкого снижения ударной вязкости металла шва свидетельствует о протекании процессов водородной коррозии. Это согласуется с результатами структурных исследований, подтвердивших изменения микроструктуры вследствие длительной эксплуатации при высоких температурах. Так, в металле швов возникло ослабление границ зерен вследствие сегрегации неметаллических включений, что привело к его охрупчиванию.

Таблица 1.3 – Механические характеристики исследуемого металла (числитель – основной металл, знаменатель – сварное соединение) [11]

Температура испытаний, 0С	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5 , %	Ψ , %	S_{Kv} , МПа	KCV, Дж/см ²
труба конвекционной камеры из стали марки 12CrMo19.5						
20	807/558	702/369	20,1/17,1	72/78	1550/1516	208/11,3
365	682/445	603/324	16,0/14,8	67/74	1245/1012	192/137
коллектор радиантной камеры II из стали марки 15X5M						
20	669/665	600/549	21,0/16,8	77/77	1505/1438	267/3,8
525	446/431	435/403	18,5/16,1	83/80	900/825	235/106

1.3 Базовая технология ремонтной сварки

1.3.1 Начальные сведения по базовой технологии

Длительная работа технологического трубопровода сопровождается возникновением трещин на внутренней поверхности сварных соединений. Повреждённые участки следует обнаруживать полностью пересваривать.

При пересварке поврежденного сварного соединения выполняют следующие операции (рис. 1.2):

- 1) размещают временную скользящую опору (ВСО);
- 2) вырезают патрубок I с дефектным стыком (ДС);
- 3) размещают вторую временную скользящую опору (ВСО);
- 4) устанавливают патрубок-вставку;
- 5) подвижный участок трубопровода смещают с силой Р до получения зазора

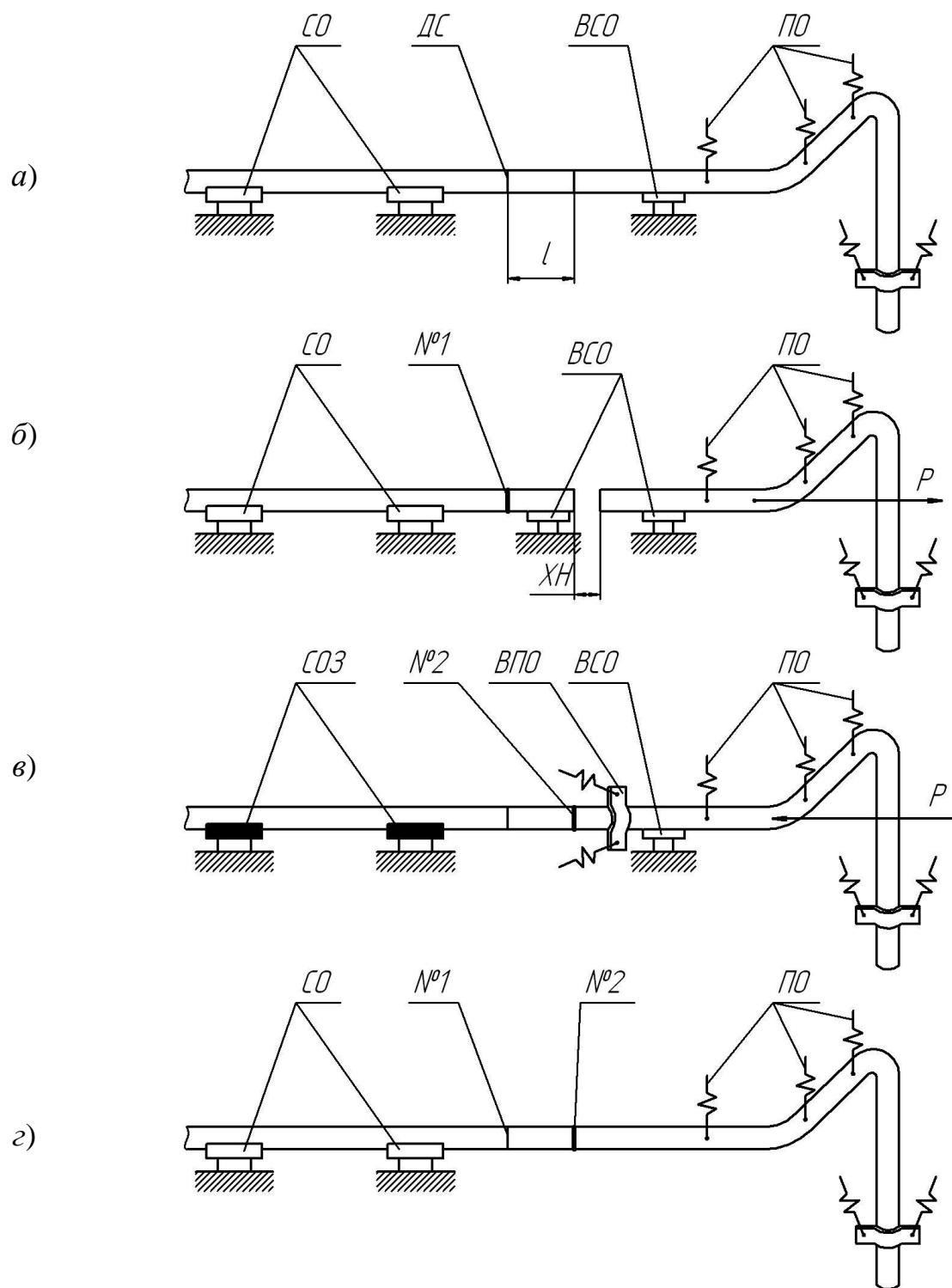
- холодного натяга (ХН);
- 6) выполняют сварку стыка №1;
 - 7) временно заземляют скользящие опоры (СОЗ);
 - 8) удаляют временную скользящую опору в районе стыка №1;
 - 9) устанавливают временную пружинную опору (ВПО);
 - 10) смещают подвижную часть трубопровода в сторону стыка №2;
 - 11) производят сварку стыка №2;
 - 12) удаляют временное заземление скользящих опор (СО);
 - 13) снимают временную пружинную опору;
 - 14) удаляют временную скользящую опору;
 - 15) трубопровод приведён в исходное состояние.

1.3.2 Требования к сварочным материалам

Для выполнения прихваток и сварки применяются электроды ОК-76.35 диаметром 2,6 и 3,2 мм. Перед использованием электродов следует произвести проверку наличия сертификата на электроды, сохранности упаковки и самих электродов, наличие на каждой пачке электродов соответствующих этикеток и полноту указанных в них данных. Непосредственно перед сваркой следует произвести прокалку электродов и проверить их сварочно-технологические свойства. Прокалку электродов следует производить при температуре 330...370 °С и выдержке 2...2,5 часа.

1.3.3 Подготовка кромок труб

Разделку кромок труб выполняют механическим способом (рис. 1.3). Для этого применяется машина безогневой резки «Волжанка-3». Прилегающие к кромкам поверхности следует зачистить до металлического блеска абразивным инструментом со стороны шва на расстоянии не менее 20 мм и не менее 10 мм с противоположной стороны.



а) вырезают патрубок l , содержащий дефектный стык (ДС); б) размещают новый патрубок-вставку; выполняют стык №1; в) собирают и сваривают стык №2; г) приводят участок трубопровода в исходное рабочее состояние

Рисунок 1.2 – Операции при переварке дефектного участка технологического трубопровода

1.3.4 Сборка под сварку

Прямолинейность труб в месте стыка проверяется контролированием просвета между концом металлической линейки (длина 400 мм) и поверхностью трубы. Поскольку рассматриваемый трубопровод относится к категории I, то просвет должен быть не более 1,5 мм на расстоянии 200 мм от стыка (рис. 1.4).

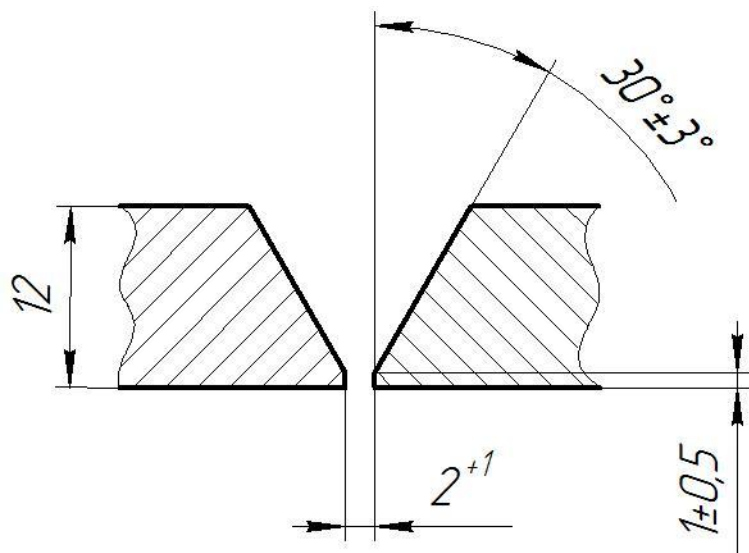


Рисунок 1.3 – Подготовка кромок свариваемых труб

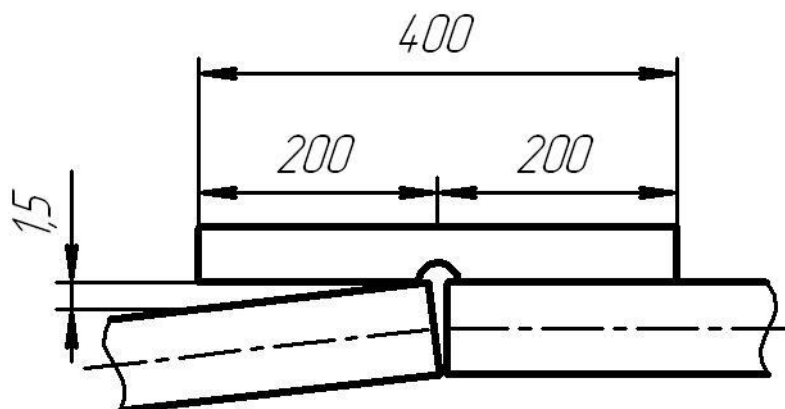


Рисунок 1.4– Контроль прямолинейности собираемых элементов

1.3.5 Требования к предварительному подогреву

Предварительный подогрев стыка производят до температуры 350...400 °С. Подогрев стыка труб ведут с применением многопламенных

горелок равномерно по всему стыку. Нагрев производят нейтральным пламенем.

Контроль температуры подогрева производят с помощью цифровых контактных термометров ТК-5 в двух диаметрально противоположных точках по периметру стыка, при этом на вертикальных стыках замер производится в нижней и верхней точках стыка.

1.3.6 Требования к сборке и прихватке

Сборку осуществляют на прихватках. Требования к прихватке: швы следует располагать равномерно по периметру стыка, число прихваток – 3...4 штуки, длина одной прихватки – 24...30 мм, высота прихватки – 5 мм. Прихватки следует выполнять с полным проплавлением и переваривать их при наложении первого слоя шва. Нельзя выполнять прихватки на потолочном участке стыка.

При сборке и прихвате применяются инвертор Lincoln V350; линейка измерительная; электроды ОК 76.35 Ø3,2 мм; многопламенные горелки; машинка угловая шлифовальная; контактные термометры ТК-5. Ток сварки – 90...120 А, напряжение дуги – 24...28 В.

1.3.7 Сварка

Сварку стыков следует начинать сразу же после прихватки. Промежуток времени между прихваткой и сваркой не должен превышать 4 часа. Сварку следует производить без перерыва, если произошёл вынужденный останов, необходимо обеспечить медленное и равномерное охлаждение стыка под слоем изоляции (керамическое волокно плотностью 128 кг/м³), а перед возобновлением сварки стык следует подогреть .

Сварку выполняют короткой дугой, длина которой не должна превышать одного диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путем постепенного отвода электрода и вывода дуги назад на

15...20 мм на только что наложенный шов. Последующее зажигание дуги производится на кромке трубы или на металле шва на расстоянии 20...25 мм от кратера. Для избежания зашлаковки металла шва около кромок труб следует наплавлять как можно более плоский валик.

В процессе сварки должны быть обеспечены полный провар корня шва и заделка кратера. По окончании наплавки каждого валика необходимо полностью удалить шлак после его охлаждения (потемнения). При обнаружении на поверхности шва дефектов (трещин, скоплений пор и т.п.) дефектное место следует удалить механическим способом до «здорового» металла и при необходимости заварить вновь.

При сварке используются электроды ОК 76.35 $\varnothing 2,6$ мм. Ток сварки – 70...90 А, напряжение дуги – 22...26 В. Высота валика сварного шва должна быть 2...4 мм, ширина валика – 4...10 мм.

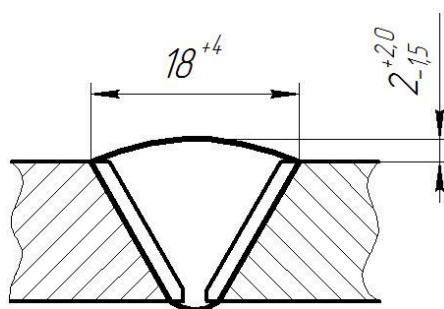


Рисунок 1.5 – Конструктивные элементы сварного шва

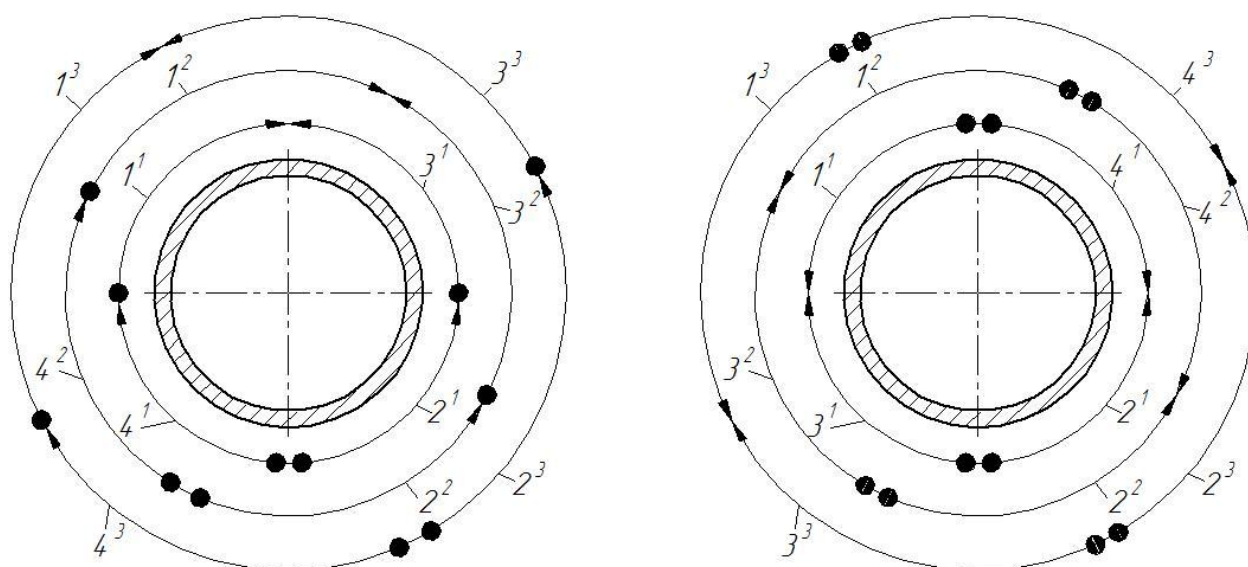


Рисунок 1.6 – Порядок сварки слоёв при вертикальном (а) и горизонтальном (б) положении стыка

Сварку основного слоя шва выполняют, оставляя незаполненную до краёв разделку (рис. 1.7), при этом остаточная глубина по всему периметру стыка должна быть $1,0 \dots 1,5$ мм. Эта незаполненная глубина используется для наложения облицовочного слоя.

Сварку облицовочного слоя следует выполнять в два этапа (рис. 1.8). На первом этапе обваривают кромки разделки, обеспечивая перекрытие кромок разделки. На втором этапе производят окончательную сварку облицовочного слоя шва.

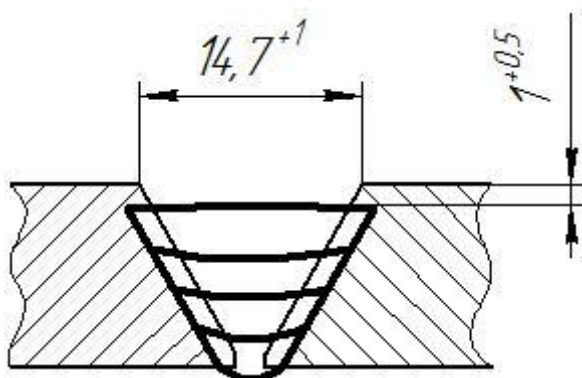


Рисунок 1.7 – Заполнение разделки (до заполнения облицовочного слоя)

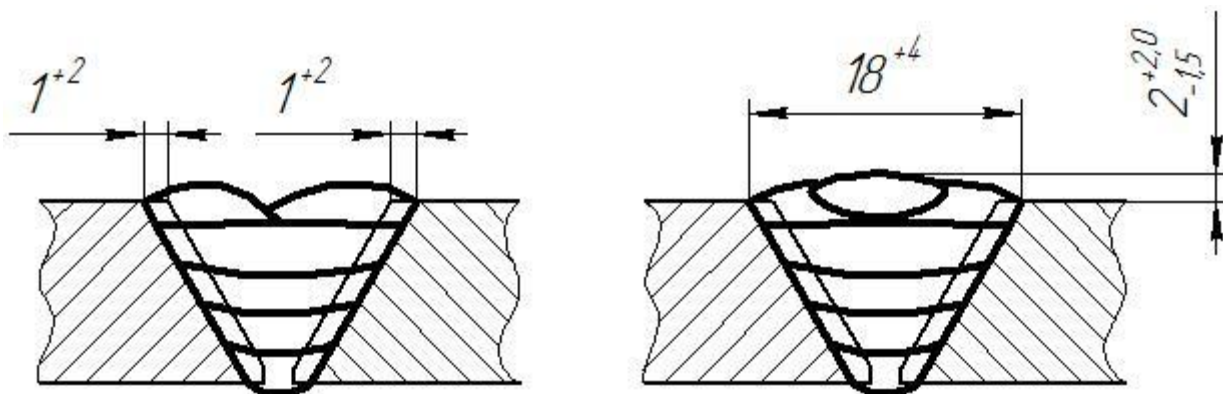


Рисунок 1.8 – Последовательность выполнения облицовочного шва

1.3.8 Термическая обработка

Производят нагрев сваренных стыков труб до температуры $740 \dots 760$ °С и выдержку в течение не менее 2,5 часов. Скорость нагрева не должна превышать 400 °С/ч.

При положительной температуре окружающего воздуха после термообработки выполненного стыка труб следует произвести охлаждение до температуры +300 °С под слоем теплоизоляции, далее – охлаждать на спокойном воздухе. При отрицательной температуре воздуха охлаждение после термообработки следует производить под слоем теплоизоляции до полного остывания сварного соединения. При этом в обоих случаях скорость охлаждения не должна превышать 150 °С/ч.

1.3.9 Контроль качества

По окончании сварки сварные швы и околошовные зоны (по обе стороны сварного шва) на ширине не менее 20 мм следует зачистить до металлического блеска с применением абразивного инструмента. Далее производят контроль качества сварки.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4-7-кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света.

По внешнему виду швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- по форме и размерам швы должны соответствовать С17 по ГОСТ 16037 (рис. 1.5);
- швы должны иметь гладкую или равномерную чешуйчатую поверхность;
- металл шва должен иметь плавное сопряжение с основным металлом;
- швы не должны иметь недопустимых дефектов.

В сварных соединениях не допускаются следующие наружные дефекты: трещины всех видов и направлений, свищи и пористость наружной поверхности шва, подрезы, наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры, грубая чешуйчатость поверхности шва, наружные поры и уепочки пор, подрезы основного металла.

1.4 Анализ научно-технических работ по теме исследования

Был произведён поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки конструкций их теплоустойчивых сталей. Поиск был произведён в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «ремонтная сварка», «технологический трубопровод», «теплоустойчивая сталь».

В первой рассмотренной работе [11] исследованы механические свойства основного металла и сварных соединений труб змеевика трубчатой печи установки каталитического риформинга, выполненных из хромомолибденовых сталей марок 12CrMo19.5 и 15X5M-U. Показано, что длительная эксплуатация материала в условиях взаимодействия с водородсодержащей средой привела к резкому падению ударной вязкости сварных швов и их хрупкому разрушению при комнатной температуре.

Результаты этой работы будут использованы при анализе материала изделия в выпускной квалификационной работе.

Во второй работе [15] установлено, что механические свойства образцов, изготовленных автоматической сваркой с использованием дополнительной присадочной проволоки в среде CO_2+Ar , являются более высокими, чем аналогичные свойства образцов, изготовленных автоматической сваркой на штатных режимах и РДС, что является целесообразным для паропроводов, эксплуатирующихся в условиях низкотемпературной ползучести.

Результаты этой работы будут использованы при выборе способа сварки и, возможно, при составлении проектной технологии сварки.

В третьей работе [16] рассмотрены вопросы ремонтной сварки поврежденных узлов котельного оборудования ТЭС и ТЭЦ из теплоустойчивых сталей систем Cr-Mo и Cr-Mo-V (коллекторы, трубы поверхностей нагрева, тройники, элементы паропроводов и др.), которые отработали сроки эксплуатации в жестких условиях (при высокой

температуре и давлении), вызвавших повреждения в металле в основном в виде трещин. Для ремонта таких повреждений рекомендована технология с использованием ручной электродуговой сварки электродами (тип 06Х1М) в комбинации с электродами типа 09Х1МФ, предусматривающая применение предварительного и сопутствующего подогрева с последующим термическим отпуском сварного соединения. Сварные соединения, выполненные по предложенной технологии, имеют высокую трещиностойкость и требуемые механические свойства. Данная технология прошла успешные испытания при ремонтной сварке узлов котельного оборудования.

Результаты этой работы будут использованы при выборе способа сварки и, возможно, при составлении проектной технологии сварки.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы поставлена цель - повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов диаметром 325 мм из теплоустойчивых сталей. При анализе современного состояния вопроса ремонтной сварки технологических трубопроводов из теплоустойчивых сталей были рассмотрены особенности конструкции и условий работы рассматриваемого объекта – технологического трубопровода установки каталитического риформинга из стали 15Х5М. Выполнен анализ стали 15Х5М и её свариваемости.

Базовая технология ремонтной сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими выявленными недостатками:

1) низкая стабильность качества сварных соединений из-за множественного числа дефектов;

- 2) малая производительность сварки вследствие применения штучного электрода и необходимости предварительного подогрева;
- 3) значительный расход сварочных материалов на разбрызгивание и огарки.

Устранение перечисленных недостатков возможно путём составления проектной технологии на основе перспективных способов сварки и сварочных материалов. Ранее в ходе выполнения анализа состояния вопроса была показана возможность и перспективность применения механизированной сварки в защитных газах. В связи с этим можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) произвести обзор и выбрать перспективный способ сварки, повысить его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции;
- 2) произвести обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установить параметры режима ремонтной сварки;
- 3) составить проектную технологию ремонтной сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования;
- 4) произвести экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;
- 5) произвести экономическую оценку предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

2 Проектная технология ремонтной сварки

2.1 Выбор способа сварки

Сварочное производство как часть мировой экономики, связанной с изготовлением металлических конструкций, испытывает в последние годы существенное влияние спадов и подъемов в финансовой и деловой активности. Предприятия и организации, сферой деятельности которых являются изготовление и применение электродных материалов для дуговой сварки плавлением, стремятся оперативно адаптироваться к динамично изменяющимся потребностям рынка.

В рамках данной выпускной квалификационной работы рассматривается вариант ремонтной сварки трубопровода из стали 15X5М толщиной стенки 12 мм и диаметром трубы 325 мм. Применительно к рассматриваемой толщине трубы пригодными могут быть признаны следующие способы выполнения сварных соединений:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками;
- сварка под флюсом.

В рамках выпускной квалификационной работы составляется проектная технология выполнения монтажных стыковых швов трубопроводов диаметром 325 мм (вертикальные и горизонтальные стыки). В связи с этим Пригодными могут быть признаны следующие способы выполнения сварных соединений:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;

- механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками.

В настоящее время основную группу электродных материалов массового и специализированного назначения для сварки составляют штучные покрытые электроды, проволоки сплошного сечения и порошковые проволоки. Механизированные и автоматизированные процессы сварки проволоками предусматривают использование дополнительных присадочных и защитных материалов (флюс, газ), за исключением порошковых проволок. Общей тенденцией в изменении структуры производства и применения электродных материалов, особенно в развитых в экономическом отношении странах Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), Америки (США, Канада, Бразилия) и Европы (Великобритания, Германии, Франция, Италия, Голландия и др.), является устойчивый рост использования материалов для механизированной и автоматизированной (включая роботизированную) сварки [17].

Штучные электроды с покрытием являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях. Обустройство сварочного поста требует небольших капитальных вложений в оборудование, а расходы на электроды относительно невелики.

Уровень технологии изготовления и поставки заказчикам электродов на ведущих предприятиях стран СНГ существенно вырос и приблизился к мировому по основным показателям. Решены вопросы качества нанесения покрытия, стартового участка, маркировки, расфасовки и упаковки. Номенклатура электродов остается относительно узкой. Отчасти это связано с объективными причинами состояния рынка потребления.

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений

от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

В ведущих в экономическом отношении странах мира проволоки сплошного сечения для электродуговой сварки составляют более половины всего производства сварочных материалов [17]. При разделении по классам свариваемого металла проволоки используют преимущественно для сварки углеродистых и низколегированных, нержавеющей сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов. Для достижения требуемых служебных свойств сварных соединений возможно регулирование показателей за счет состава не только проволоки, но и защитного материала (моногазы или смеси газов).

Плотность тока при сварке проволоками сплошного сечения существенно выше, чем штучными электродами, что позволяет регулировать характеристики плавления в широких пределах, реализовать синергетические и комбинированные управляемые процессы для сварки различных металлов и объектов применения. В частности, управление переходом электродного металла в шов может обеспечить устойчивые характеристики при переносе с короткими замыканиями, капельном без замыканий, осевом струйном, пульсирующем струйном или модульно-регулируемом по поверхностному натяжению капли металла.

На основе использования современных физических и математических моделей, а также компьютерного моделирования процесса дуговой сварки плавлением созданы современные системы источников питания полупроводникового и инверторного типов с программно управляемыми характеристиками электрических параметров, связанных прямым и обратным адаптивным управлением с механизмом подачи проволоки в зону плавления.

Это позволило не только обеспечить надежность выполнения алгоритма сварки, но и существенно снизить энергозатраты, устранить влияние субъективного фактора. Рациональное, программно управляемое тепловложение в металл позволило достичь повышения значений свойств сварных соединений.

В последние годы большое внимание уделяется состоянию проволоки при поставке (допуски, точность изготовления, намотки, состояние и качество поверхности). По качеству омеднения или покрытия неомедненной проволоки имеются новые решения, позволяющие не только улучшить показатели применимости при механизированной и автоматической сварке, но и существенно уменьшить валовые выделения сварочного аэрозоля.

Для применения порошковых проволок в большинстве случаев требуется такое же оборудование, как и для проволок сплошного сечения. Однако в первом случае имеются определенные преимущества в технологичности, производительности и металлургической приспособляемости для сварки сталей широкой номенклатуры.

В производстве и применении порошковых проволок лидерство в последние годы сохраняют страны Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), где производство порошковых проволок превышает выпуск штучных электродов и приближается по объему к проволокам сплошного сечения. В США, Франции, Великобритании, Германии объемы применения порошковых проволок сравнялись с объемами ручной дуговой сварки покрытыми электродами за счет как развития собственных производств, так и допуска на свои рынки производителей из Юго-Восточной Азии (Японии, Южной Кореи).

Страны СНГ существенно отстают в этой области, что способствовало приходу на эту часть рынка продукции японских, южнокорейских и ряда европейских производителей. К сожалению, подобная ситуация складывается и в сфере закупки оборудования для механизированной и автоматизированной сварки.

В структуре применения порошковых проволок основную долю составляют проволоки для сварки в защитных газах (порошковые проволоки с рутиловым, основным и металлическим сердечниками). Особую группу составляют самозащитные проволоки, позволяющие вести процесс сварки без дополнительной защиты газом или флюсом, а потому наиболее приемлемые для сварочно-монтажных работ.

Большинство типов порошковой проволоки, в сравнении с проволоками сплошного сечения, обеспечивают лучшие технологические свойства (форму шва и провар соединения) и производительность сварки.

Таким образом, на основании выполненного анализа возможных способов сварки принимаем механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Выбор сварочных материалов

При выполнении сварных соединений в конструкциях из теплоустойчивых сталей с применением механизированной сварки в качестве защитного газа может быть использован как углекислый газ, так и смесь углекислого газа с аргоном (до 25 % аргона). В настоящей выпускной квалификационной работе в качестве защитного газа применим углекислый газ высшего сорта по ГОСТ 8050.

При выполнении ответственных металлических конструкций для механизированной дуговой сварки в защитных газах регламентированы к применению проволоки сплошного сечения и порошковые проволоки, которые должны соответствовать требованиям [1–5].

В качестве сварочной проволоки применим проволоку Св-08ХГСМА по ГОСТ 2246. Это легированная сварочная проволока, в состав которой входит: углерод 0,06...0,1 %, кремний 0,45...0,7 %, марганец 1,15...1,45 %, никель до 0,3 %, хром 0,85...1,15 %, молибден 0,4...0,6 % (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Состав электродной проволоки Св-08ХГСМА

углерод	кремний	марганец	никель	хром	молибден
С	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0,06...0,1	0,45...0,7	1,15...1,45	до 0,3	0,85...1,15	0,4...0,6

2.3 Конструкция сварного соединения и параметры режима сварки

Выполнение разделки кромок стыкуемых труб перед сваркой проводим механическим способом. При выполнении разделки принимаемый тип соединения - Тр-2 (рис. 2.1). Следует произвести зачистку до металлического блеска прилегающих к кромкам поверхностей труб с применением абразивного инструмента. Предложено уменьшить угол разделки кромок с 30° до 15° . Это позволит уменьшить расход электродной проволоки и увеличить производительность сварки. Обеспечение качественного формирования корня шва будет происходить за счёт импульсного управления горением сварочной дуги. Высота валика 4...6 мм, ширина валика 4...10 мм. Примерное расположение слоёв и валиков для вертикального и горизонтального стыков приведены на рис. 2.3 и рис. 2.4. Задание параметров режима сварки вертикального стыка при различных положениях свариваемого участка (рис. 2.5) производят по табл. 2.2.

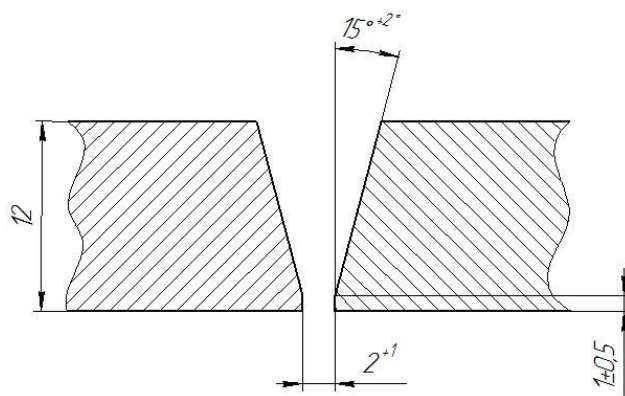


Рисунок 2.1 – Подготовка под сварку труб диаметром 325 мм толщиной стенки 12 мм

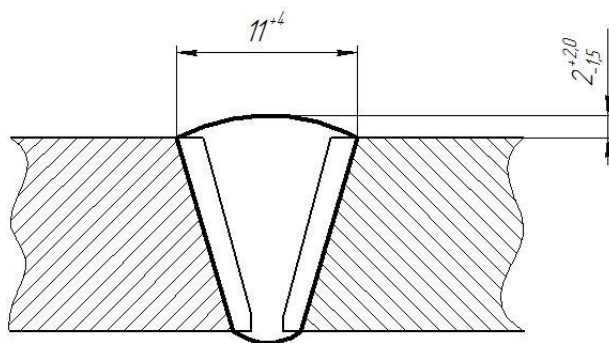


Рисунок 2.2 – Размеры сварного шва при соединении труб диаметром 325 мм
толщиной стенки 12 мм

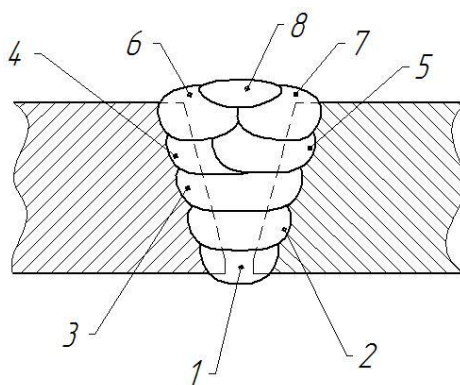


Рисунок 2.3 – Сварное соединение и порядок наложения валиков в
вертикальном стыке

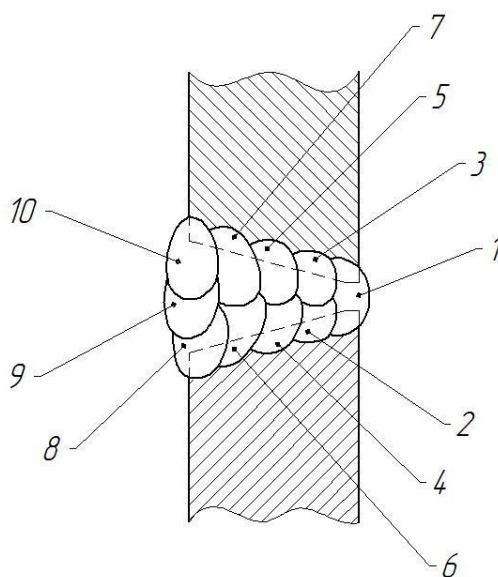


Рисунок 2.4 – Сварное соединение и наложение валиков
в горизонтальном стыке

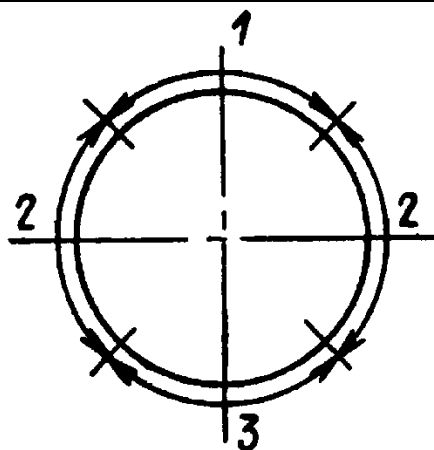
Задание параметров режима сварки горизонтального стыка для различных валиков производят по табл. 2.3.

Таблица 2.2 – Параметры режима сварки вертикальных неповоротных стыков

№ валика	Напряжение дуги, В	Ток, А
1	19-20	120-140
2, нижнее	20-22	140-180
2, вертикальное	19-20	120-140
все потолочные	19-20	120-140
остальные	20-22	140-180

Таблица 2.3 – Параметры режима сварки горизонтальных неповоротных стыков

№ валика	Напряжение дуги, В	Ток, А
1, 2	22-23	140-160
остальные	24-25	180-200



1 — нижнее, 2 — вертикальное, 3 — потолочное положения сварки

Рисунок 2.4 – Схема расположения участков шва при сварке в углекислом газе вертикального неповоротного стыка

Расход углекислого газа должен составлять 900...1200 л/ч. Диаметр электродной проволоки должен быть 1,2 мм.

Выбор скорости V_{np} подачи электродной проволоки осуществляем исходя из принятой силы сварочного тока $I_{св}$ и заданного диаметра сварочной проволоки d_{np} с использованием формулы:

$$V_{i\delta} = \frac{4a_{\delta} \cdot I_{\text{н\grave{a}}}}{\pi \cdot d_y^2 \cdot \rho}, \quad (2.1)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч;

ρ - плотность металла электродной проволоки, г/см³.

Значение α_p рассчитывается по формуле:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\text{н\grave{a}}}}{d_y}. \quad (2.2)$$

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{120...140}{1,2} = 11...12; V_{i\delta} = \frac{4 \cdot (11...12) \cdot (120...140)}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 150...195.$$

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{140...180}{1,2} = 12...15; V_{i\delta} = \frac{4 \cdot (12...15) \cdot (140...180)}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 195...305$$

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{140...160}{1,2} = 12...14; V_{i\delta} = \frac{4 \cdot (12...14) \cdot (140...160)}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 195...250$$

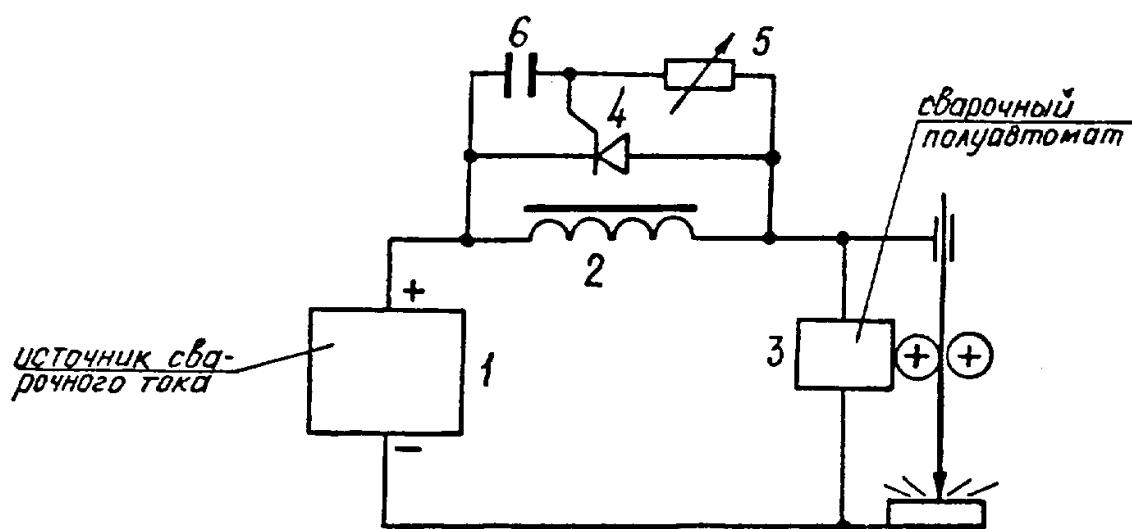
$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{180...200}{1,2} = 15...16; V_{i\delta} = \frac{4 \cdot (15...16) \cdot (180...200)}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 305...370$$

2.4 Оборудование для сварки и термической обработки

Сварку следует вести на токе обратной полярности, используя переносной шланговый полуавтомат ПДГ-508. В качестве источника сварочного тока применяется выпрямитель ВДУ-506. Сварку ведут периодическими короткими замыканиями дугового промежутка. Для формирования импульсов предлагается устройство (рис. 2.5), которое содержит источник 1 сварочного тока, сварочный дроссель 2, сварочный полуавтомат 3, тиристор 4, блок управления, состоящий из регулируемого резистора 5 и накопительного конденсатора 6 [18].

Устройство работает следующим образом. В начале сварки, при первоначальном возбуждении дуги, и в процессе сварки, при переходе капли расплавленного металла с конца электрода в сварочную ванну, происходит закорачивание дугового промежутка, ток в сварочной цепи резко возрастает

и достигает своего максимального значения. В сварочном дросселе 2 в этот момент накапливается электромагнитная энергия, которая после окончания короткого замыкания в результате взрыва перемычки выделяется на концах обмотки дросселя в виде напряжения ЭДС самоиндукции, причем величина ее может в несколько раз превышать напряжение источника сварочного тока (рис. 2.6 а) при длительности импульса 1...2 мс. Это напряжение оказывается приложенным по цепи питания к электрической схеме сварочного полуавтомата 3 и может вывести из строя ее элементы.



1 – источник сварочного тока; 2 – сварочный дроссель; 3 – сварочный полуавтомат; 4 – тиристор; 5 – регулируемый резистор; 6 – накопительный конденсатор

Рисунок 2.5 – Схема устройства для механизированной сварки

Однако при достижении напряжением ЭДС самоиндукции порога отпирания тиристора $4U_{отп}$, последний открывается и закорачивает избыток напряжения на себя, предотвращая тем самым повышение напряжения в сварочной цепи и защищая электрическую схему сварочного полуавтомата от перенапряжений (рис. 2.6 б).

Регулируемым резистором 5 устанавливается порог отпирания тиристора. При этом, чтобы избежать нежелательного подмагничивания

сварочного дросселя током, обусловленным напряжением пульсаций питающей сети, порог отпирания тиристора выбирается выше напряжения пульсаций, которое выделяется на концах обмотки сварочного дросселя.

Устройство позволяет полностью исключить перенапряжение в сварочной цепи.

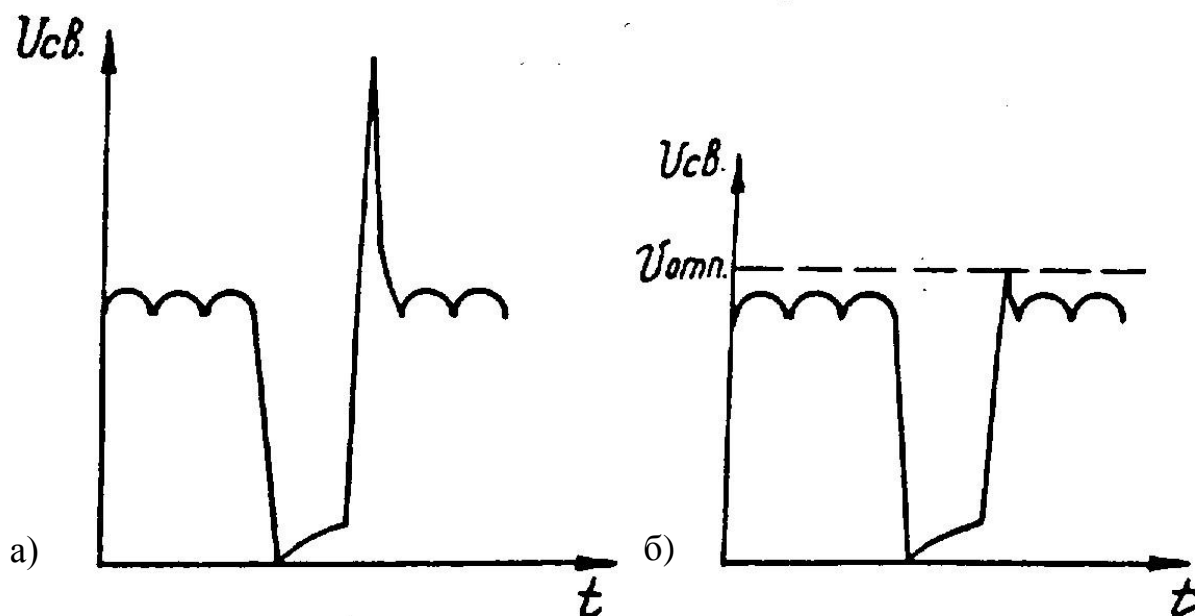


Рисунок 2.6 – Формы напряжения в сварочной цепи при сварке короткими замыканиями типичная (а) и при использовании устройства (б)

Термическую обработку сварного соединения проводим с использованием токов промышленной частоты. Производят нагрев сваренных стыков труб до температуры 740...760 °С и выдержку в течение не менее 2,5 часов. Скорость нагрева не должна превышать 400 °С/ч.

При положительной температуре окружающего воздуха после термообработки выполненного стыка труб следует произвести охлаждение до температуры +300 °С под слоем теплоизоляции, далее – охлаждать на спокойном воздухе. При отрицательной температуре воздуха охлаждение после термообработки следует производить под слоем теплоизоляции до полного остывания сварного соединения. При этом в обоих случаях скорость охлаждения не должна превышать 150 °С/ч.

В качестве индукционного нагревателя применим гибкие естественно охлаждаемые индукторы. Производят намотку индуктора на трубу, которая выполняется в виде секций в количестве одной или двух, которые последовательно соединены между собой (рис. 2.7).

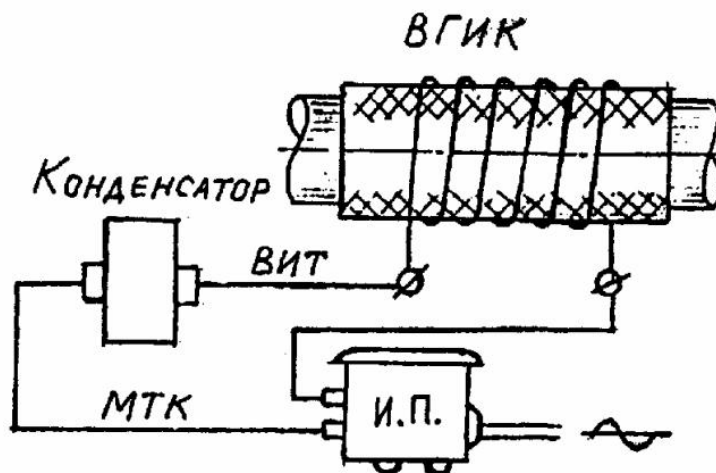


Рисунок 2.7 – Подключение элементов индукционного нагрева труб

При нагреве в качестве источника питания будет использован сварочный трансформатор ТДМ-501.

Для контроля температуры сварного соединения при термообработке будет использована хромель-алюмелевый термоэлектрический преобразователь, снабжённый автоматическим регистрирующим потенциометром. Регистрация температуры должна производиться во время нагрева, выдержки и охлаждения стыка до достижения температуры 300 °С.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Технологии, в которых предусмотрено в качестве основной операции выполнение сварки представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с этим становится необходимым проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи энергетических параметров процесса сварки (ток и напряжения на дуге), особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает, объемов выделений сварочного аэрозоля и других вредных веществ.

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Механизированная дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля.

Таблица 3.1 – Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский Арина 5	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 – Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Подготовительная операция	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная
2. Сборочная операция	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Центратор типа ЦН
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Подогреватель стыков индукционный
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	- опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение зачистки сварного шва	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	машинка шлифовальная, зубило, молоток
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- ионизирующее излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья. -	Аппарат рентгеновский Арина 5

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

1	2	3
Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.

Продолжение таблицы 3.3

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

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

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

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков трубопровода	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский Арина 7	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 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция сварки стыка, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварки трубопровода	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, 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 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

<p>Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии</p>	<p>Сварка трубопровода</p>
<p>Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу</p>	<p>На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .</p>

3.6 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества сварочных операций при ремонте стыков технологического трубопровода. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Расчёт экономической эффективности целесообразно провести на один сварной стык, учитывая операции технологии, подвергающиеся изменению по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Технологический процесс ремонтной сварки трубопровода предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль (первая операция), подготовка кромок (вторая операция), сборка (третья операция), предварительный подогрев стыка (четвёртая операция), прихватка (пятая операция), сварка (шестая операция), термическая обработка (седьмая операция), контроль качества (восьмая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	20	20
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии	Цоб	Руб.	54120	130680
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	4	8
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Машинное время	tмаш	час	4	1,7
Стоимость электродов электродной проволоки	Цэл	руб/кг	335,0 -	335,0 177,88
Стоимость углекислого газа	ЦСО2	руб/л	-	11,67

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

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

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

$D_{п}$ – суммарное для одного года число предпраздничных дней;

$T_{п}$ – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_э = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_э = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

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

где $t_{шт}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{маш}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 1,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,06 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4)

результаты вычисления:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/4,84 = 848 \text{ стыков за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/2,06 = 1994 \text{ стыков за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения $П_{\Gamma} = 400$ стыков за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot ПГ}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$ПГ$ – принятая годовая программа;

$F_{Э}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{4,84 \cdot 400}{4108 \cdot 1,03} = 0,46$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{2,06 \cdot 400}{4108 \cdot 1,03} = 0,20$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Кз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{ПР}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Кзб = 0,46/1 = 0,46$$

$$Кзп = 0,20/1 = 0,20$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-з}, \quad (4.7)$$

где C_M – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-з}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

Выполнение базового варианта технологического процесса сварки при ремонте технологического трубопровода предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе с импульсным управлением сварочной дугой. Предложенные технологические решения позволяют уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений. На основании этого можно предположить, что масса наплавленного металла в базовой технологии будет превышать массу наплавленного металла в проектной технологии:

$$M_b = (335 \cdot 1,7 + 148,5) \cdot 1,05 = 313,98 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = (177,88 \cdot 1,4 + 60,0 \cdot 11,67) \cdot 1,05 = 178,28 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

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

где $C_{ч}$ – принятая тарифная ставка;

K_d – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 4,84 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1742,40 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 2,06 \cdot 200 \cdot 1,88 = 774,56 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 1742,40 \cdot 12/100 = 209,09 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 774,56 \cdot 12/100 = 92,95 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 1742,40 + 209,09 = 1951,49 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 774,56 + 92,95 = 867,51 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{сн}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 1951,49 \cdot 30/100 = 663,51 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 867,51 \cdot 30/100 = 294,95 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot На \cdot t_{МАШ}}{F_{э} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$На$ – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{54120 \cdot 21,5 \cdot 4}{4108 \cdot 100} = 11,33 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{130680 \cdot 21,5 \cdot 1,7}{4108 \cdot 100} = 11,63 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

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

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-э.б} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 3,02}{0,7} = 40,00 \text{ рублей}$$

$$P_{э-э.пр} = \frac{8 \cdot 1,7 \cdot 3,02}{0,85} = 28,00 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 11,33 + 40,00 = 51,33 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 11,63 + 28,00 = 39,63 \text{ рублей}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + \text{Осс} + З_{\text{ОБ}} \quad (4.14)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 313,98 + 1951,49 + 663,51 + 51,33 = 2980,31 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 178,28 + 867,51 + 294,95 + 39,63 = 1380,37 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 2980,31 + 1,5 \cdot 1742,40 = 2980,31 + 2613,60 = 5593,91 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1380,37 + 1,5 \cdot 774,56 = 1380,37 + 1161,84 = 2542,21 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 5593,91 + 1,15 \cdot 1742,40 = 5593,91 + 2003,76 = 7597,67 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 2542,21 + 1,15 \cdot 774,56 = 2542,21 + 890,74 = 3432,95 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Материалы	М	313,98	178,28
Фонд заработной платы	ФЗП	1951,49	867,51
Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	663,51	294,95
Затраты на оборудовани	Зоб	51,33	39,63
Себестоимость технологич.	Стех	2980,31	1380,37
Расходы цеховые	Рцех	2613,60	1161,84
Себестоимость цеховая	Сцех	5593,91	2542,21
Расходы заводские	Рзав	2003,76	890,74
Себестоимость заводская	С _{зав}	7597,67	3432,95

4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{З}}$ – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

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

где $Ц_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 541200 - (541200 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 19212,6 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 19212,6 \cdot 0,46 = 8837,80 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$\text{К}_{\text{ОБЩПР}} = \text{К}_{\text{ОБПР}} + \text{К}_{\text{ПЛПР}} + \text{К}_{\text{СОППР}} \quad (4.19)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$\text{К}_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$\text{К}_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) результаты вычисления:

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = 130680 \cdot 1,05 \cdot 0,20 = 27442,8 \text{ руб.}$$

$$\text{К}_{\text{СОП}} = \text{К}_{\text{ДЕМ}} + \text{К}_{\text{МОНТ}} \quad (4.21)$$

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

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

$$\text{К}_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_{\text{Б}} \cdot \text{К}_{\text{ДЕМ}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 54120 \cdot 0,05 = 2705 \text{ руб.}$$
$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.21) и в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 130680 \cdot 0,05 = 6534 \text{ руб.}$$
$$K_{\text{СОП}} = 2705 + 6534 = 9239 \text{ руб.}$$
$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 27442 + 9239 = 36681 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ.}} \quad (4.24)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 36681 - 8837 = 27844 \text{ руб.}$$

Размер удельных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

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

где $\Pi_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 36681/400 = 91,70 \text{ руб./ед.}$$
$$K_{\text{УДПроектн.}} = 8837/400 = 22,09 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{4,84 - 2,06}{4,84} \cdot 100\% = 57\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 57}{100 - 57} = 133\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{2980,31 - 1380,37}{2980,31} \cdot 100\% = 54\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (7597,67 - 3432,95) \cdot 400 = 1665888 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\mathcal{E}_{\text{у.г.}}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{27844}{1665888} = 0,16$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.34) результаты вычисления:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 1665888 - 0,33 \cdot 27844 = 1656700 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 57 %, увеличить производительность труда на 133 %, уменьшить технологическую себестоимость на 54 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 1,66 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 1,65 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,16 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов диаметром 325 мм из теплоустойчивых сталей.

При анализе современного состояния вопроса ремонтной сварки технологических трубопроводов из теплоустойчивых сталей были рассмотрены особенности конструкции и условий работы рассматриваемого объекта – технологического трубопровода установки каталитического риформинга из стали 15X5M. Выполнен анализ стали 15X5M и её свариваемости.

Базовая технология ремонтной сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими выявленными недостатками:

- 1) низкая стабильность качества сварных соединений из-за множественного числа дефектов;
- 2) малая производительность сварки вследствие применения штучного электрода и необходимости предварительного подогрева;
- 3) значительный расход сварочных материалов на разбрызгивание и огарки.

Были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) произвести обзор и выбрать перспективный способ сварки, повысить его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции;
- 2) произвести обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установить параметры режима ремонтной сварки;
- 3) составить проектную технологию ремонтной сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования;

4) произвести экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;

5) произвести экономическую оценку предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Решая первую задачу, были рассмотрены альтернативные способы сварки: 1) ручная дуговая сварка штучными электродами; 2) механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов; 3) механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками. на основании выполненного анализа возможных способов сварки юбыло принято решение использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Решая вторую задачу, были выбраны защитный газ, сварочная проволока и параметры режима сварки.

Решая третью задачу, была составлена проектная технология, которая предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль (первая операция), подготовка кромок (вторая операция), сборка (третья операция), предварительный подогрев стыка (четвёртая операция), прихватка (пятая операция), сварка (шестая операция), термическая обработка (седьмая операция), контроль качества (восьмая операция).

Решая четвёртую задачу, выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Решая пятую задачу, показано, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 1,65 млн. рублей.

Таким образом, поставленную цель можно считать достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2246–70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – Введ. 01.01.1973. – ФГУП «Стандартинформ», 2008. – 19 с.
2. AWS A5.18: Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding // American Welding Soc., Miami, 2005.
3. AWS A5.28: Specification for Low-Alloy Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding // Ibid.
4. ГОСТ 26271–84. Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия. – Введ. 01.01.1987. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 19 с.
5. AWS A5.36. Specification for carbon and low-alloy steel flux cored electrodes for flux cored arc welding and metal cored electrodes for gas metal arc welding // American Welding Soc., Miami, 2012.
6. Патон, Б.Е. О старении и оценке состояния металла эксплуатируемых магистральных трубопроводов / Б.Е. Патон, С.Е. Семенов, А.А. Рыбаков [и др.] // Автоматическая сварка. – 2000. – № 7. – С. 3–12.
7. Семенов, С.Е. Оценка состояния металла сварных труб длительно эксплуатируемых газопроводов / С.Е. Семенов, А.А. Рыбаков, Л.В. Гончаренко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2003. – № 4. – С. 3–7.
8. Гельд, П. В. Водород в металлах и сплавах / П. В. Гельд, Р. А. Рябов. – М.: Металлургия, 1974. – 273 с.
9. Арчаков, Ю. И. Современные проблемы водородной коррозии сталей и надежность эксплуатации оборудования гидрогенизационных процессов / Ю. И. Арчаков // Водородная обработка материалов: Тез. докл. – Донецк, 2001. – С. 482-491.
10. Стасюк, С.З. Об эксплуатации сварных соединений технологических трубопроводов и змеевиков печей нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / С.З. Стасюк // Материалы и механизмы

морского транспорта. Методы исследования и упрочнения. Технология производства: Тез. докл. – Севастополь, 2008. – С. 109-116.

11. Стасюк, С.З. Работоспособность хромомолибденовых сталей в конструкции печных змеевиков трубчатой печи установки каталитического риформинга и гидроочистки / С. З. Стасюк // *Металл и литьё Украины*. – 2009. – № 11–12. – С. 29–33.

12. Макаров, Э. Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей / Э. Л. Макаров. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.

13. Шоршоров, М. Х. Испытания металлов на свариваемость / М. Х. Шоршоров, Т. А. Чернышева, А. И. Красовский. – М.: Металлургия, 1972. – 240 с.

14. Походня, И. К. Сварка порошковой проволокой / И. К. Походня, А. М. Суптель, В. Н. Шлепаков. – Киев: Наукова думка, 1972. – 223 с.

15. Конык, А.И. Использование присадочной проволоки для улучшения структуры сварных соединений из теплоустойчивых перлитных сталей / А. И. Конык // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2005. – №1. – С. 52–55.

16. Царюк, А.К. Технология ремонтной сварки узлов котлоагрегатов без последующей термообработки / А.К. Царюк, В.Д. Иваненко, В.Ю. Скульский [и др.] // *Автоматическая сварка*. – 2012. – № 9. – С. 41–47.

17. Шлепаков, В.Н. Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением / В.Н. Шлепаков // *Автоматическая сварка*. – 2011. – № 1. – С. 31–35.

18. А.с. № 1530369 СССР. Устройство для дуговой сварки плавящимся электродом.

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

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

21. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.