

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 «Технология сварки корпуса каталитического нейтрализатора
легкового автомобиля»

Студент

А.В. Горшенин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(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.

АННОТАЦИЯ

Сварочные процессы являются неотъемлемой частью большинства производственных процессов, например, в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Одной из ответственных операций при изготовлении технологического трубопровода является сборка и сварка низколегированных сталей, которая может проводиться как неповоротными, так и поворотными стыками. При этом наибольшее распространение получила ручная дуговая сварка. Для повышения производительности производства, улучшения качества сварки при изготовлении технологического трубопровода необходимо предусмотреть замену ручной дуговой сварки с учётом современных достижений сварочной науки.

В выпускной квалификационной работе была поставлена **цель** – повышение производительности и качества сварочных операций при строительстве и ремонте технологических трубопроводов газорегуляторного пункта.

Решены следующие задачи:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

Пояснительная записка состоит из 67 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ	
1.1 Описание объекта исследования	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	10
1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии	12
1.4 Формулировка и анализ недостатков базовой технологии	19
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	20
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА	
2.1 Выбор способа сварки	22
2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах	26
2.3 Операции проектного технологического процесса сварки	28
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	38
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	40
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	41
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	42
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	44
3.6 Заключение по экологическому разделу	45
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	46
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	48
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	49
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	51
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	55
4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии	55
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	58
4.8 Выводы по экономическому разделу	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	62

ВВЕДЕНИЕ

Сварочные процессы являются неотъемлемой частью большинства производственных процессов, например, в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Одной из ответственных операций при изготовлении технологического трубопровода является сборка и сварка низколегированных сталей, которая может проводиться как неповоротными, так и поворотными стыками. При этом наибольшее распространение получила ручная дуговая сварка. Для повышения производительности производства, улучшения качества сварки при изготовлении технологического трубопровода необходимо предусмотреть замену ручной дуговой сварки с учётом современных достижений сварочной науки.

Сварка плавящимся электродом получила наибольшее распространение среди способов дуговой сварки благодаря простоте осуществления процесса. Однако, этот процесс сварки характеризуется наименьшей управляемостью с точки зрения получения стабильного проплавления металла и формирования шва, уменьшения разбрызгивания. В связи с этим современные исследователи уделяют большое внимание вопросам изучения теплофизических характеристик дуги, повышению стабильности процесса сварки, управлению переносу металла электрода, разработке новых источников питания и механизмов подачи. Механизированная сварка в средах защитных газов занимает ведущее место в промышленности Западной Европы, США, Японии, КНР среди дуговых процессов. Этот способ обладает высокой производительностью, обеспечивает качество сварных соединений, а также предоставляет возможность автоматизации процесса.

Особое место среди дуговых процессов занимает импульсно-дуговая сварка (ИДС) плавящимся электродом. Она применяется для сварки многих материалов, например, углеродистых конструкционных сталей,

алюминиевых сплавов, сплавов на основе меди [1, 2]. Необходимо также отметить использование ИДС в новых комбинированных, двухдуговых технологиях, а также в гибридных лазерно-дуговых процессах [3–7].

Финансовые затраты на строительство технологического трубопровода могут достигать 30 % стоимости всего предприятия. Поэтому первостепенной важностью обладает техническое совершенствование и перевооружение технологических схем, которое необходимо проводить с привлечением специализированных проектных, строительных и эксплуатирующих организаций, применяя новейшие достижения науки и передовой техники. Правильный выбор конструкций, качество изготовления элементов и рациональная организация строительства позволяют экономить материальные ресурсы и сократить потери перекачиваемого продукта.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при строительстве и ремонте технологических трубопроводов газорегуляторного пункта.

Достижение поставленной цели должно осуществляться с применением современных достижений сварочной науки в области управления сварочной дугой.

1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

1.1 Описание объекта исследования

В 2017 году между ОАО «Тольяттиазот» и ООО «Газпром трансгаз Самара» заключен договор, предусматривающий проведение технического обслуживания, текущего ремонт и дальнейшую эксплуатацию газопроводов и технологического оборудования ОАО «Тольяттиазот», объектами которого являются газопровод-отвод к ГРС-1, технологически трубопровод ГРС-1 и оборудование.

Рассматриваемый технологический трубопровод расположен на газорегуляторном пункте, который осуществляет снижение давления газа с высокого давления (0,6...1,2 МПа) до среднего давления (0,15...0,27 МПа). Величина максимального проектного расхода газа принята 22 300 м³/час.

Диаметры труб приняты исходя из требований экономичности и надёжности эксплуатации при работе в условиях максимально допустимых потерь давления газа, также были приняты во внимание требования по устойчивости работы оборудования и максимально допустимые скорости движения газа по газопроводу.

Редуцирование давления газа производится на линии редуцирования, содержащей пилотные комбинированные регуляторы давления SPONOS CCB/80x250-SRS DN80x250 PN16 и укомплектованные шумоглушителями SPS 80x250, ПЗК и монитором. Всего в проекте три линии редуцирования: 2 рабочих и 1 резервная. Шумоглушители SPS позволяют добиться снижения уровня шума, который возникает в процессе редуцирования давления газа. При этом уменьшение шума происходит до значений, которые не превышают 70 дБа на расстоянии 1 метр от регуляторов.

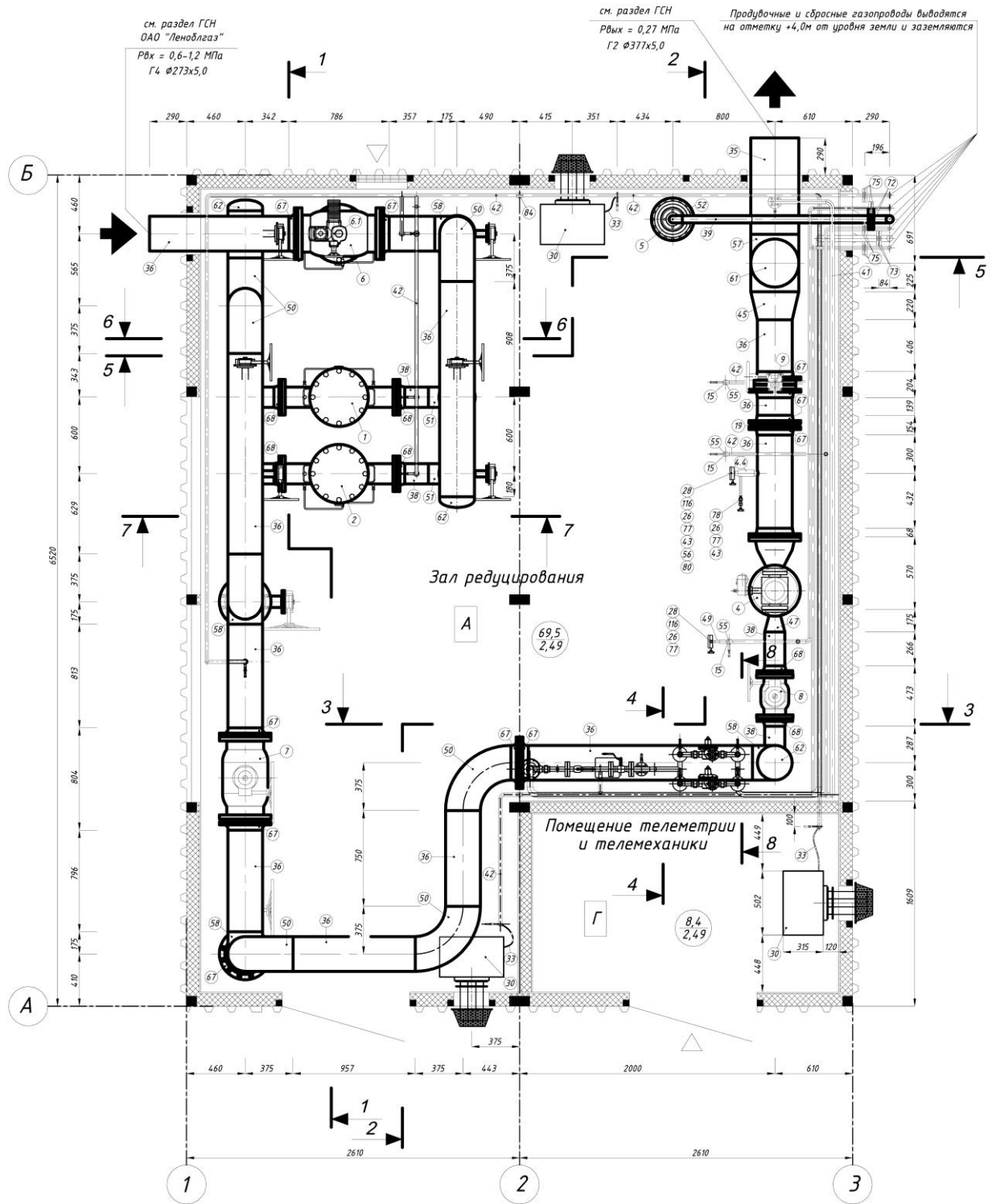


Рисунок 1.1 – План газораспределительного пункта

Отопление помещения предусмотрено от энергонезависимых газовых конвекторов фирмы «FEG», имеющих закрытую камеру сгорания.

В помещении зала предусмотрено наличие оборудования для редуцирования и учета расхода газа, который используется для питания отопительных конвекторов. В этом узле давление газа снижается с 0,15...0,27 МПа до величины 1,5...2,2 кПа, производится учет расхода газа, а также предусмотрено автоматическое отключение подачи газа при отклонении выходного давления свыше установленных параметров.

На газопроводах предусмотрены продувочные газопроводы для осуществления продувки при пуске, остановке и пусконаладочных работах.

Для обеспечения выхода взрывной волны в целях предотвращения разрушения здания газораспределительного пункта в зале редуцирования предусмотрено выполнение лёгкой кровли массой не более 70 кг/м².

Тип и конструктивные элементы сварных швов соответствуют требованиям ГОСТ 16037-80. Газопроводы в помещении окрашены по ГОСТ 4202-69 краской желтого цвета и имеют предупреждающие красные кольца. В местах крепления газопровод обернут морозостойкой резиной марки «М» согласно ГОСТ 7338-90. Опорные конструкции газопровода окрашены за два прохода. После монтажа газопровода производится его продувка, испытание на герметичность по СНиП 42-01-2002.

Для контроля неразрушающими методами подвергают все стыки внутренних газопроводов при диаметре больше 50 мм.

В рассматриваемом газопроводе использованы трубы диаметром 273 мм и толщиной стенки 5 мм, а также трубы диаметром 377 мм и толщиной стенки 5 мм по ГОСТ 20295-80 типа «1». Класс прочности материала труб К42.

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Трубы для строительства рассматриваемого трубопровода изготовлены из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70...+425$ °С. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 09Г2С

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
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 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства при $T=20$ °С стали 09Г2С

Сортамент	σ_b	σ_T	δ_5
-	МПа	МПа	%
Лист	500	350	21

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали 09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от температурного цикла в

процессе сварки. Уменьшение погонной энергии приводит к повышению количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита в металле шва, а также к увеличению их дисперсности.

Малое количество закалочных структур оказывает незначительное влияние на физико-механические свойства сварных соединений, ввиду равномерной и дезориентированной ориентации этих структур относительно мягкой ферритной основы. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит при увеличении отрицательного влияния углерода и легирующих компонентов, к примеру, кремния. Стойкость против трещин может быть увеличена при снижении содержания в металле сварного соединения углерода и серы, это достигается за счет применения сварочных проволок с пониженным содержанием этих элементов. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии

1.3.1 Подготовка кромок

Перед сваркой осматривают поверхность и кромки труб. Далее операцией шлифовки устраняются царапины, риски, задиры с глубиной от 0,2 до 0,5 мм на наружных поверхностях торцов труб. С использованием ручной дуговой сварки устраняют забоины и задиры фасок глубиной до 5 мм. Для подварки используют электроды с основным видом покрытия типа Э50 (E7016), марки ОК 53.70 ESAB AB Ø3,2 мм. Производят предварительный подогрев кромок труб до 100...130 °С.

Производят зачистку отремонтированных поверхностей кромок труб с использованием шлифования. Достигают восстановления требуемой разделки кромок (рис. 1.2).

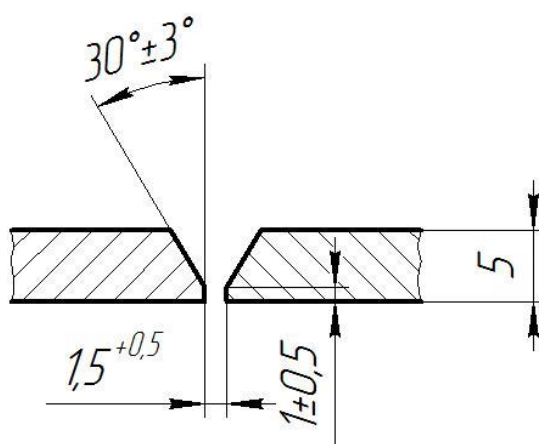


Рисунок 1.2 – Форма разделки кромок

Производят выправление вмятин на торцах трубы, имеющих глубину до 3,5% от диаметра трубы. Для выправления вмятин используют безударные разжимные устройства. При этом обязателен местный подогрев изнутри трубы до температуры 100...150 °С.

Если на конце трубы обнаруживается забоина, трещина, расслоение, надрыв или задиры глубиной больше 5 мм, а также вмятины с глубиной больше 3,5% от диаметра трубы, исправление таких концов не допускается. В этом случае производят отрезание дефектных концов труб с использованием

машинной кислородной резки. Резку производят со скосом кромки под углом 25...30°. Далее выполняют ультразвуковой контроль по всему периметру трубы, при этом ширина зоны контроля составляет не меньше 40 мм от отрезанного торца. При обнаружении расслоений торец трубы отрезается на расстоянии не меньше чем 300 мм и производится повторный УЗК.

После этого производят зачищение с использованием шлифмашинки прилегающих к кромкам наружной и внутренней поверхности труб до чистого металла на величину не меньше 15 мм.

Подготовку кромок выполняют с использованием:

- 1) ультразвукового толщиномера;
- 2) ультразвукового дефектоскопа УД-303;
- 3) шаблона сварщика УШС-3;
- 4) линейки металлической;
- 5) штангенциркуля;
- 6) шлифмашинки;
- 7) шлифкругов;
- 8) дисковой проволочной щётки;
- 9) сварочного источника питания ВД-306Д;
- 10) разжимного приспособления;
- 11) газовой горелки;
- 12) пирометра типа ИК-6020;
- 13) термокарандаша;
- 14) машины для кислородной резки «Комета».

1.3.2 Сборка стыка

Собирают стык с использованием наружного центризатора. При сборке контролируют величину смещения кромок, которая не должна превышать 20% от толщины стенки трубы. Зазор в стыке должен быть в пределах $1,5 \pm 0,5$ мм. Если зазор имеет меньшую величину, необходимо производство

калиброванного пропила толщиной 1,0... 2,0 мм. Необходимо обеспечить смещение заводских продольных швов труб на расстояние не менее 100 мм.

Операцию сборки применяют с использованием:

- 1) наружного центратора типа Ж08А7985;
- 2) шаблона сварщика УШС-3;
- 3) линейки металлической.

1.3.3 Прихватка

Прихватку и сварку труб следует производить при положительной температуре воздуха, предварительный подогрев не применяют. Для выполнения прихваток используют электроды марки LB-52U, Ø2,6 мм; Ø3,2 мм. Параметры режима при выполнении прихваток те же, что и для сварки корневых слоев шва. Прихватку необходимо делать на расстояниях не меньше 100 мм от продольного шва трубы. Прихватку выполняют те же сварщики, которые будут производить сварку основного шва. К качеству прихваток предъявляют требования, аналогичные требованиям к качеству корневого слоя шва.

При выполнении прихваток не допускается применение присадок, подаваемых в зону сварки или закладываемых в разделку. Следует производить зачистку начала и конца каждой прихватки на 30...40 мм с использованием шлифмашинки.

Операцию прихватки выполняют с использованием:

- 1) наружного центратора типа Ж08А7985;
- 2) сварочного источника питания ВД-306Д;
- 3) газовой горелки;
- 4) шлифмашинки;
- 5) металлической щетки;
- 6) шаблона сварщика УШС-3;
- 7) линейки металлической.

1.3.4 Сварка

Выполнение сварки производится при аттестованных специалистах сварочного производства второго или третьего уровня. Допускаются к выполнению сварки сварщики, которые прошли аттестацию по «Правилам аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» ПБ 03-273-99 и имеют соответствующее удостоверение. Для допуска сварщиков к выполнению сварки необходимо провести допускные испытания в соответствии с СТО Газпром 2-2.2-136-2007.

Перед сваркой и в процессе сварки необходимо проведение контроля температуры стыка. В случае необходимости следует произвести подогрев стык с использованием газовой горелки.

Сварка корневого слоя шва выполняется ручной дуговой сваркой с применением электродов марки ОК-53.70 Ø2,5 или LB-52U Ø3,2 мм на заданных параметрах режима (табл. 1.3). При сварке корневого слоя шва прихватки полностью удаляются. Съем наружного центризатора допустим только после сварки не меньше 60% от всего периметра корневого слоя шва.

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки

Сварочные слои	Марка электрода	Ø, мм	Полярность	Сварочный ток, А
Корневой	ОК-53.70	2,5	обратная	70 – 90
	LB-52U	3,2		80 – 120
Заполняющие	ОК 53.70	3,2	обратная	90 – 120
		4		130 – 170
Облицовочный	ОК 53.70	3,2	обратная	80 – 110
		4		130 – 160

Производят зачистку корневого слоя шва с применением абразивного круга.

Проводят визуальный контроль качества выполнения корневого слоя шва. Выполняют подварку в нижней четверти трубы, а также участков, на которых обнаружены непровары, несплавления и смещение кромок более 2 мм. При подварке используют электроды марки LB-52U, Ø2,6 мм, Ø3,2 мм.

Ширина подварочного слоя должна быть в границах 8...10 мм, усиление шва должно быть в границах 1...3 мм.

Сварку заполняющих и облицовочного слоев шва проводят на параметрах режима согласно табл. 1.3. Сварку необходимо выполнять непрерывно, полностью заполняя разделку стыка. Сварку производят, смещая замки для каждого последующего слоя по отношению к предыдущему от его начала на 30 мм и от места окончания сварки этого слоя на 70 мм. Выполнение последнего заполняющего и облицовочного слоя проводят в два прохода. При этом необходимо, чтобы каждый последующий валик в проходе перекрывал предыдущий валик на величину не менее одной трети его ширины.

Необходимо обеспечить перекрытие облицовочным слоем шва основного металла примерно на 2,5...3,0 мм с обеих сторон от разделки кромок. Слой шва облицовочный должен быть усилен на величину порядка 1...3 мм.

Необходимо проведение послойной зачистки от шлака и брызг по завершению каждого прохода.

Визуально наблюдаемые грубые участки поверхности в облицовочном слое шва следует механически обработать (это делают при величине межваликовой канавки больше чем 1 мм). Также необходимо зачищать участки, на которых усиление шва превышает 3 мм. Необходимо провести зачистку прилегающей поверхности труб от шлака и брызг.

Для операции сварки используют:

- 1) источник сварочного тока ВД-306Д;
- 2) шлифмашинку;
- 3) металлические щетки;
- 4) шаблоны сварщика УШС-3;
- 5) напильники;
- 6) молотки;
- 7) зубилы;

- 8) кисти;
- 9) краску;
- 10) термокарандаши.

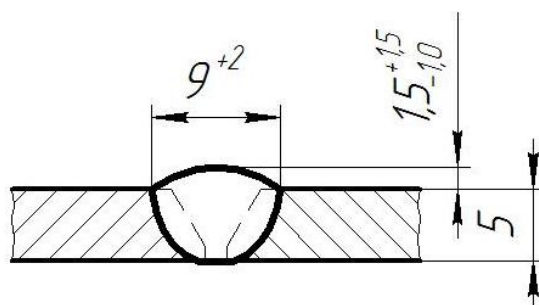


Рисунок 1.4 – Параметры сварного шва

1.3.5 Контроль качества сварного шва

Пооперационный контроль предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);
- д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва.

Контроль сварных соединений *радиографическим методом* производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам радиографического контроля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объёмные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать повторному контролю. Сварные соединения трубопроводов, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объёма количеством стыков.

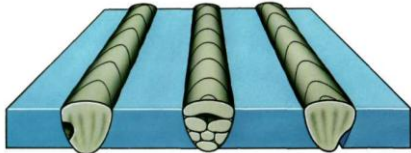
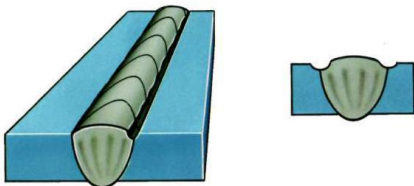
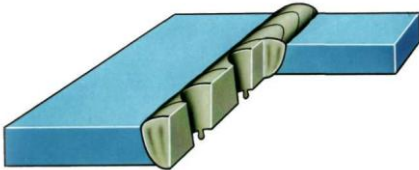

Для контроля качества используют:

- 1) аппарат рентгеновского контроля РПД-200;
- 2) шаблон сварщика УШС-3.

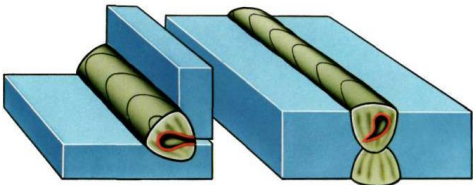
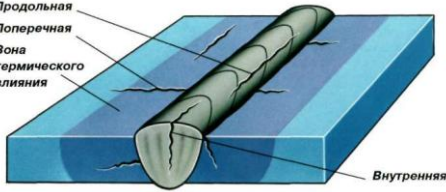
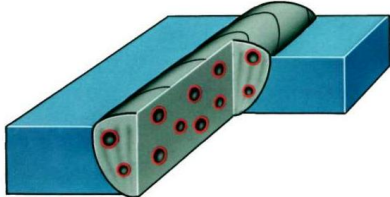
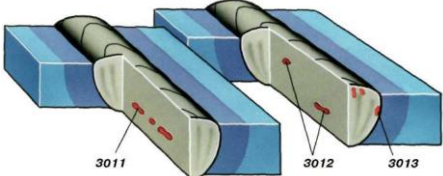
1.4 Формулировка и анализ недостатков базовой технологии

При применении ручной дуговой сварки фиксируется значительное количество дефектов (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Наиболее частые дефекты при ручной дуговой сварке

Дефекты	Эскиз	Причины образования дефектов
1	2	3
Непровары		<ol style="list-style-type: none"> 1) неправильный выбор формы разделки; 2) недостаточная погонная энергия; 3) нарушение подготовки поверхностей; 4) чрезмерная величина притупления; 5) мала величина зазоров; 6) смещение в процессе сварки электрода; 7) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода
Занижение шва		<ol style="list-style-type: none"> 1) чрезмерный зазор кромок; 2) чрезмерная величина угла разделки кромок; 3) нарушение техники сварки.
Подрезы		<ol style="list-style-type: none"> 1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная величина скорости сварки; 3) чрезмерная длинная дуга; 4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Прожоги		<ol style="list-style-type: none"> 1) повышенное значение погонной энергии; 2) чрезмерный зазор; 3) недостаточная величина притупления кромок; 4) чрезмерное смещение кромок при сборке; 5) коробление деталей при сварке
Наплывы		<ol style="list-style-type: none"> 1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная скорость сварки; 3) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение); 4) смещение электрода при сварке; 5) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3
Свищ		<ol style="list-style-type: none"> 1) низкое качество основного металла; 2) нарушение газовой защиты.
Трещины		<ol style="list-style-type: none"> 1) превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) чрезмерно большая скорость охлаждения; 3) нарушение газовой защиты; 4) низкое качество основного металла.
Поры		<ol style="list-style-type: none"> 1) применение отсыревших электродов; 2) нарушение подготовки свариваемых кромок; 3) чрезмерный диаметр электрода; 4) чрезмерная длина дуги; 5) чрезмерная скорость сварки; 6) нарушение газовой защиты; 7) низкое качество основного металла.
Включения		<ol style="list-style-type: none"> 1) нарушения подготовки поверхности деталей; 2) низкое качество основного металла; 3) нарушение технологии сварки; 4) нарушение газовой защиты.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Базовая технология сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

2.1 Выбор способа сварки

Предварительный выбор вариантов сварки

Предварительный выбор варианта сварочной технологии служит для задания нескольких наиболее подходящих способов сварки, для которых потом проведём расширенный анализ.

Для изготовления сварных конструкций из низколегированных сталей применение нашли следующие способы сварки плавлением [8, 9]:

- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к трубам с рассматриваемой толщиной стенки 5 мм можно признать пригодными следующие способы сварки:

- сварка с применением неплавящихся электродов в среде инертных газов;
- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее осуществляем выбор способов сварки, проводя анализ протяжённости, конфигурации и пространственного положения сварных

швов. Дуговую сварку под флюсом трудно осуществить, из-за осыпания флюса с поверхности трубы и усиливающей накладки. Исходя из этого в качестве пригодных способов можно признать:

- ручную дуговую сварку с применением штучных электродов;
- механизированную сварку порошковой самозащитной проволокой;
- механизированную сварку с применением плавящихся электродов в средах защитных газов.

Анализ дуговой сварки штучными электродами

К преимуществам дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, гарантированная качественная шлаковая защита сварного шва при равномерном плавлении металла электрода и обмазки; во-вторых, возможность легирования материала шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

Анализ механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой

Механизированная сварка при применении самозащитной порошковой проволоки (рис. 2.2) использует положительные свойства ручной дуговой сварки с применением штучных электродов (защита, легирование и раскисление расплавленного металла), и механизированной сварки при применении проволок сплошного сечения в средах защитных газов (к примеру, высокая производительность). Применение самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в

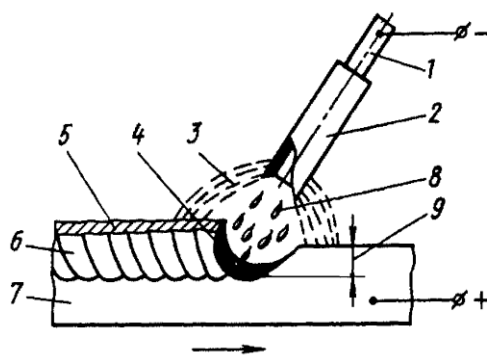
использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей аппаратуры, которые усложняют процесс сварки или повышают его трудоемкость (требуется проведение засыпки и уборки флюса и пр.).

В числе преимуществ механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками следует отметить также возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, которое особенно важно при проведении сварки с поперечными колебаниями. Также в числе преимуществ следует отметить возможность слежения за образованием шва. За счёт изменения состава шихты порошковой проволоки можно осуществлять воздействие на химический состав металла шва и изменять технологические характеристики сварочной дуги.

Анализ механизированной сварки в защитных газах

Сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [10]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразованием швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [11, 12], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Анализ литературы [13...17] свидетельствует, что дуговая сварка в средах защитных газов преобладает над другими способами сварки плавлением, при этом, сохраняется устойчивая тенденция к замене ручной сварки с применением штучных электродов механизированными способами.

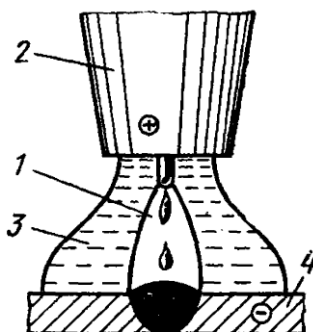


1 – центральный металлический стержень; 2 – покрытие электрода; 3 – газовая защитная атмосфера дуги; 4 – ванна расплава; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл сварного соединения; 7 – основной металл (деталь); 8 – капли расплавленного металла электрода; 9 – глубина проплава

Рисунок 2.1 – Схема процесса ручной дуговой сварки с применением штучных электродов



Рисунок 2.2 – Схема сварки с применением порошковой проволоки



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 2.3 – Схема сварки в средах защитных газов при применении плавящегося электрода

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, качественную газовую защиту ванны расплава и металла шва; во-вторых, относительная простота и малая стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений [18]; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Главное преимущество механизированной сварки в средах защитных газов является увеличенная вязкость расплавляемого металла, которая позволяет выполнить, к примеру, сварку стыковых швов на в неустойчивых положениях и выполнить механизацию сварки неповоротных стыков для разных пространственных положений.

Останавливаем свой выбор на механизированной сварке в среде CO_2 , эта среда отличается хорошей стабильностью качества и высокой производительностью.

2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах

В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла [10].

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники

сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

На основании литературного исследования можно выделить несколько видов переноса металла электрода при механизированной сварке в среде защитных газов (рис. 2.4):

- 1) крупнокапельный, который характеризуется наличием естественных коротких замыканий разрядного промежутка;
- 2) крупнокапельный, для которого не свойственны короткие замыкания;
- 3) перенос каплями среднего размера, при котором не происходят короткие замыкания;
- 4) струйный перенос;
- 5) управляемый принудительный перенос, с характерными каплями средних размеров без короткого замыкания;
- 6) перенос с принудительным коротким замыканием;
- 7) струйно-вращательный перенос электродного металла.

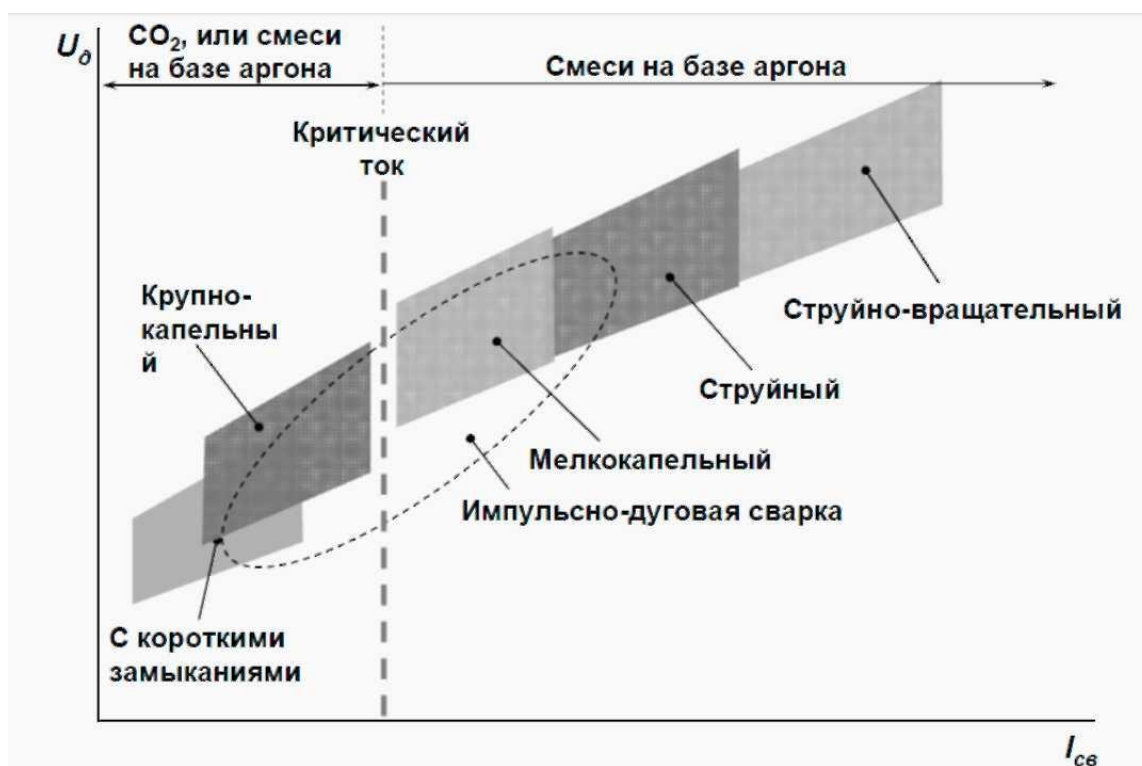


Рисунок 2.4 – Виды переноса электродного металла при сварке в защитных газах

В источнике STT [20] осуществляется компенсация изменения длины вылета электрода путем автоматической коррекции длительности импульса тока с постоянной амплитудой. Делается это следующим образом. Во время КЗ система измеряет падение напряжения на электроде, пропорциональное вылету электрода. Оно усредняется и подается на интегратор. Последний начинает интегрирование с нулевыми начальными условиями в момент зажигания дуги. Когда напряжение на выходе интегратора сравнивается с регулируемым опорным напряжением (устанавливается ручкой «тепло» на передней панели источника), импульс плавления прекращается, а ток дуги начинает плавно спадать до базового тока паузы. Таким образом, длительность импульса тока плавления обратно пропорциональна длине дуги.



Рисунок 2.5 – Источник питания Invertec STT-II
с механизмом подачи проволоки LF-33

2.3 Операции проектного технологического процесса сварки

Подготовка кромок

Производят осмотр кромки трубы, наружные и внутренние поверхности торцов труб. С использованием шлифования удаляют наружные дефекты (царапины, риски, задиры), имеющие глубину больше 0.4 мм и

протяжённость больше 150 мм, а также глубину больше 0,2 мм при любой длине при размещении этих дефектов на неизолированных поверхностях конца трубы на длине не меньше 40 мм от торца.

Если на конце трубы произошло обнаружение забоин, задигов фасок, а также поверхностного дефекта (царапины, риски, задира), глубина которого более чем минусовой допуск на толщину стенки трубы, любой вмятины, заката и расслоения на длине меньше 40 мм от торца трубы, то такой дефект исправлять нельзя. Поврежденный участок трубы обрезают и производят последующую разделку кромок. Производят удаление металла резаных кромок на глубине не меньше 1,0 мм.

Запрещён ремонт сваркой если произошло обнаружение любых повреждений поверхности труб, забоин, задигов. Также запрещено проведение правки применительно к вмятинам на концах труб.

После вырезки дефектных участков конца трубы или после каждой резки труб, необходимо выполнить ультразвуковой контроль всего периметра участка трубы на ширине не меньше 40 мм торца, для которого производилась резка. Если в ходе ультразвукового контроля были обнаружены расслоения, необходимо отрезать торец трубы на длину не меньше чем 300 мм и осуществить повторный ультразвуковой контроль.

Необходимо снять усиление заводского шва с внешней поверхности трубы до величин примерно 0,5...1,0 мм на длине порядка 10...15 мм от торца трубы.

Зачищают с использованием шлифмашинки прилегающие к кромкам наружные и внутренние поверхности трубы до чистого металла на ширине не меньше 15 мм.

Подготовку кромок выполняют с использованием:

- 1) ультразвукового толщиномера;
- 2) ультразвукового дефектоскопа УД-303;
- 3) шаблон сварщика УШС-3;
- 4) металлической линейки;

- 5) штангенциркуля;
- 6) шлифмашины;
- 7) шлифкругов;
- 8) дисковых проволочных щёток;
- 9) источника сварочного тока ВД-306Д;
- 10) разжимных приспособлений;
- 11) трубореза SD-450.

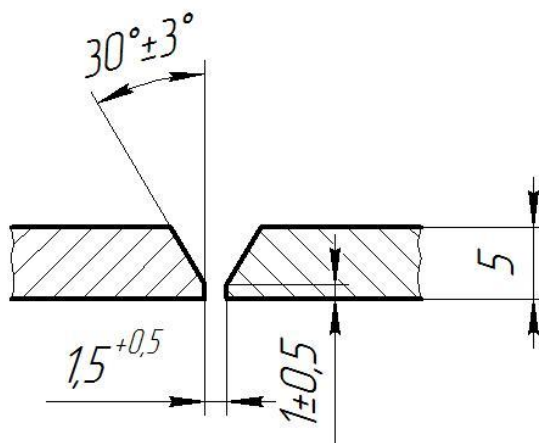


Рисунок 2.6 – Разделка кромок

Для резки труб будем использовать механический труборез SD-450 (рис. 2.7)

Труборезы серии SD применяют для проведения холодной (безогневой) отрезки труб в стационарных, и полевых условиях. Труборез позволяет проводить резку труб из любых материалов. Труборез имеет разъемный корпус, позволяющий установку его поверхности труб уже смонтированных трубопроводов, что позволяет выполнять ремонтные работы. Труборез SD осуществляет механическую резку труб, проведение торцевания, снятия фаски с наружной и внутренней кромок труб. Возможна установка двух резцов на труборез: один резец служит для отрезания, другой резец служит для снятия фаски. Во втором случае возможна установка двух режущих резцов, что существенно ускоряет процесс резки.



Рисунок 2.7 – Механический труборез серии SD

Таблица 2.1 – Технические характеристики труборезов серии SD

Модель:	SD-450	SD-600	SD-750
Для труб, мм:	270-450	420-600	570-750
Частота вращения, об/мин:	10	8	7
Питание, В:	220	220	220
Мощность, Вт:	1000	1000	2000
Пневмопривод, бар:	9	9	9
Поток, л/мин:	1500	1500	2000
Вес:	45 кг	65 кг	80 кг

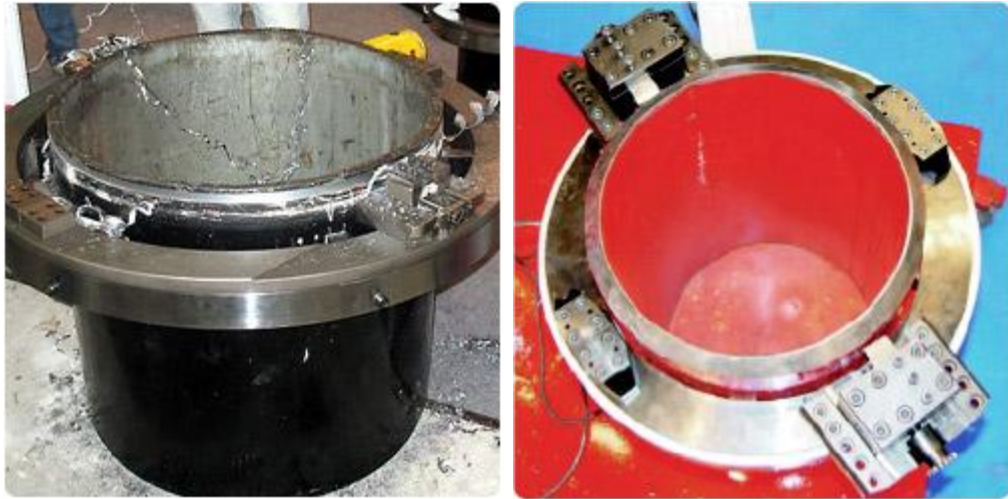


Рисунок 2.8 – Резка и снятие фаски на трубе при помощи трубореза

Сборка

Собирают стык с использованием наружного центратора. При сборке контролируют величину смещения кромок, которая не должна превышать 20% от толщины стенки трубы. Зазор в стыке должен быть в пределах $1,5 \pm 0,5$ мм. Если зазор имеет меньшую величину, необходимо произвести калиброванный пропила толщиной 1,0... 2,0 мм. Необходимо обеспечить смещение заводских продольных швов труб на расстояние не менее 100 мм.

Операцию сборки применяют с использованием:

- 1) наружного центратора;
- 2) шаблона сварщика УШС-3;
- 3) линейки металлической.

Сварка

Сварку стыка трубопровода производим с применением механизированной импульсно-дуговой сварки проволокой сплошного сечения. Импульсное управление сварочной дугой позволяет снизить чувствительность качества сварки к плохой сборке, в сравнении с обычными видами сварки.

Для сварки используется сварочная проволока марки L-56 диаметра 1,14 мм (производство Lincoln Electric, США) или ее аналоги, прошедшие

аттестацию. Сварочная проволока SuperArc L-56 (рис. 2.9) предназначена для сварки деталей, покрытых окалиной. Максимальное качество сварки достигается при сварке деталей с чистыми поверхностями без следов смазки и ржавчины.

Проволока L-56 имеет значительное содержание кремния и марганца, которые выполняют раскислительную функцию. Сварщики отдают предпочтение этой проволоке за мягкость дуги и стабильную подачу.

Таблица 2.2 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 2.3 – Механические свойства наплавленного металла

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -29 °С, Дж
564	468	29	54



Рисунок 2.9 – Проволока SuperArc L-56

Значение параметров режима сварки принимаем исходя из рекомендаций фирмы Lincoln Electric (табл. 2.4). Величина вылета сварочной

проволоки составляет 9,5...15,9 мм. В качестве типовой ошибки, часто допускаемой сварщиками, можно отметить установку чрезмерно большого вылета сварочной проволоки. Для контроля за величиной вылета сварочной проволоки необходимо обеспечить выступание контактного наконечника от торца сопла сварочной горелки на величину 6,4 мм.

Таблица 2.4 – Параметры режима импульсной сварки проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм./мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	10...12	10...16

При выполнении корневого слоя шва неповоротного стыка труб с применением импульсной механизированной сварки необходимо соблюдать следующую методику выполнения сварного шва (рис. 2.10). Сварку ведут на спуск, начиная её в верхней части трубы, что соответствует положению часовой стрелки «на 12-00 часов». Дугу следует возбуждать на одной из кромок труб, после чего горящую дугу следует перевести на противоположную кромку труб, формируя сварочную ванну. Сварку ведут, накладывая на движение электрода дугообразные колебания небольшой амплитуды. При этом сварочная дуга располагается внутри сварочной ванны в первой трети или четверти от переднего фронта сварочной ванны (рис. 2.10). Не допускается располагать сварочную дугу на передней кромке сварочной ванны. Начиная с позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 12-00 часов» и до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 2-00 часа» сварку следует вести углом назад. При этом угол наклона электрода должен составлять приблизительно 45 градусов. При этом накладывают дугообразные колебания на дугу, а саму дугу не следует

задерживать на кромках трубы. Прямолинейные колебания сварочной дуги с кромки на кромку увеличивают проплавление. Ещё большее увеличение глубины проплавления достигается при горении дуги внутри ванны расплава.

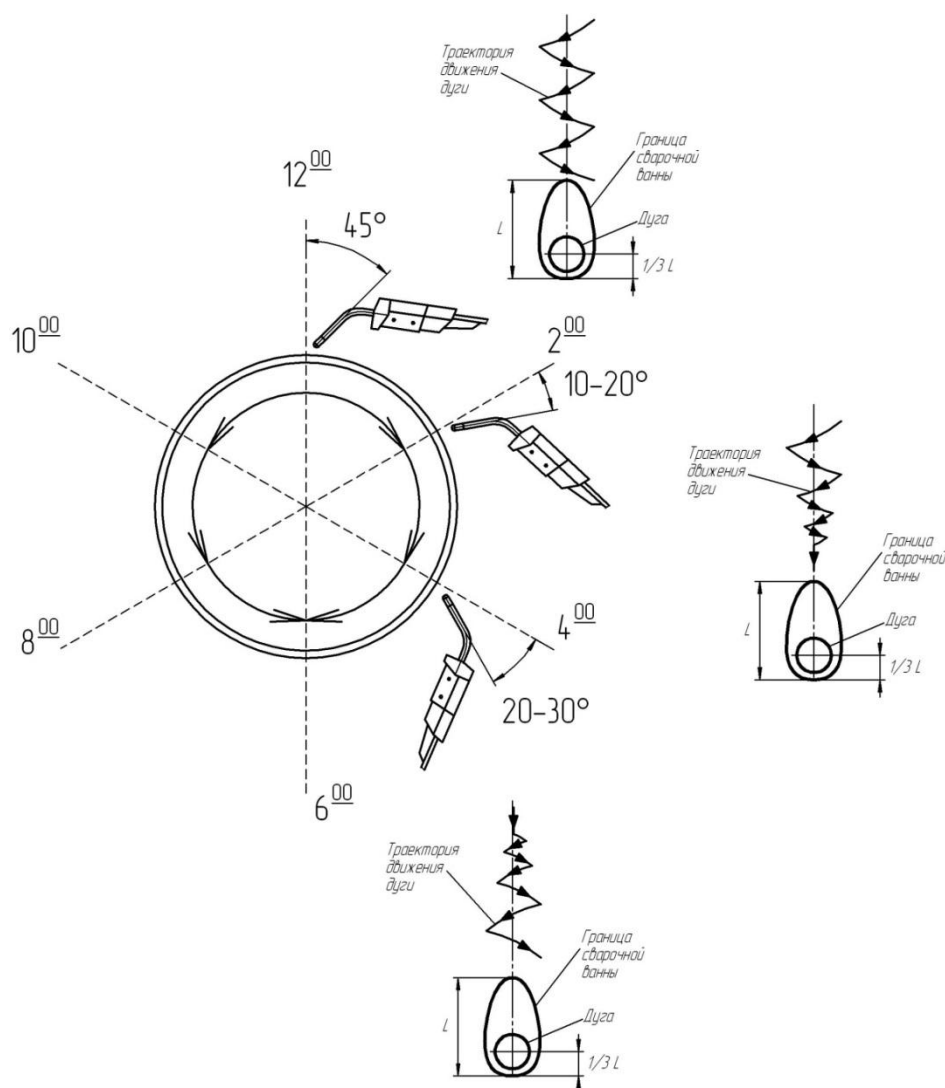


Рисунок 2.10 – Техника сварки стыка труб по технологии STT

С позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 2-00 часа» до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 4-00 часа» амплитуду колебаний следует уменьшить и затем колебания следует совсем прекратить. При этом следует продолжать движение дуги вдоль стыка. Сварочную дугу располагают в первой трети от ее переднего фронта сварочной ванны. На этом участке производят уменьшение угла наклона электрода до величины 10...20 градусов.

В позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 4-00 часа» и до позиции, соответствующей положению часовой стрелки «на 6-00 часов» можно возобновить колебания электрода, если увеличить при этом угол наклона электрода до 20...30 градусов.

В случае необходимости прекращения сварки прерывание дуги следует производить на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости проведения корректировки параметров сварки.

Контроль качества сварного шва

Пооперационный контроль предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);
- д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва.

Контроль сварных соединений *радиографическим методом* производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам радиографического контроля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объёмные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать повторному контролю. Сварные соединения трубопроводов, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объёма количеством стыков.

Проведение контроля качества производится с использованием:

- 1) аппарата рентгеновского контроля РПД-200;
- 2) шаблона сварщика УШС-3.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [26, 27, 28]. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [29, 30].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Станок подготовки кромок, шлифмашинка	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Наружный центратор	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Индукционный подогреватель	-
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный источник питания, наружный центратор, полуавтомат сварочный	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	Шлифмашинка, молоток, зубило	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Наружный трубный центратор
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов 	Индукционный трубный подогреватель
4. Осуществление сварки стыка труб	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации 	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение зачистки сварного шва	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Аппарат рентгеновского контроля

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 – Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 – Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных стыков технологических трубопроводов на газораспределительном пункте. При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один сварной стык трубопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – заготовительная; вторая операция – сборочная; третья операция – предварительный нагрев; четвёртая операция – сварочная; пятая операция – термообработка; шестая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один сварной стык.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	97,96	97,96
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	50000	130000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	4	7,3
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	5	3

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

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

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

D_{II} – общее количество предпраздничных дней;

$T_{\text{п}}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{МАШ}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{шт.баз} = 5 + 0,5 + 0,5 + 0,25 + 0,05 = 6,3 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 3 + 0,3 + 0,3 + 0,15 + 0,03 = 3,78 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

где $F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{Г.баз.} = 4108/15,12 = 271,7 \text{ стыков за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/8,82 = 465,8 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{Г} = 500$ стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

где $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$П_{Г}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{ВН}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{6,3 \cdot 600}{4108 \cdot 1,03} = 0,89 \text{ед.}$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{3,78 \cdot 600}{4108 \cdot 1,03} = 0,53 \text{ед.}$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну

единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

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

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{зб} = 0,89/1 = 0,89$$

$$K_{зп} = 0,53/1 = 0,53$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

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

где C_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 27 \cdot 11,075 \cdot 1,05 = 313,98 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (15,1 \cdot 6,8 + 6,0 \cdot 12,6) \cdot 1,05 = 178,28 \text{ рублей}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

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

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 6,3 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 705,9 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3,78 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 423,54 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 705,9 \cdot 12/100 = 84,7 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 423,54 \cdot 12/100 = 50,82 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 705,9 + 84,7 = 790,6 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 423,54 + 50,82 = 474,36 \text{ рублей.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

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

где $K_{\text{сн}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 790,6 \cdot 34 / 100 = 268,8 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 474,36 \cdot 34 / 100 = 161,28 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

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

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{50000 \cdot 21,5 \cdot 5}{4108 \cdot 100} = 13,89 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{130000 \cdot 21,5 \cdot 3}{4108 \cdot 100} = 20,14 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

где $M_{\text{УСТ}}$ – принятое значение мощности установки;

$Ц_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-э.б}} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 1,75}{0,7} = 50 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{7,3 \cdot 3 \cdot 1,75}{0,85} = 45,09 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 13,89 + 50 = 63,89 \text{ руб.}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 20,14 + 45,09 = 65,23 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6,3}{4108} = 61,34 \text{ руб}$$

$$P_{\text{плБ}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 3,78}{4108} = 36,8$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{\text{пл}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{\text{пл}}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{плБ}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 6,3}{4108 \cdot 100} = 4,6$$

$$A_{ПЛИР} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 3,78}{4108 \cdot 100} = 2,76$$

$$З_{ПЛБаз.} = 61,34 + 4,6 = 65,94 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛИПроектн.} = 36,8 + 2,76 = 39,56 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = \PhiЗП + O_{cc} + З_{Об} + З_{Пл} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 313,98 + 790,6 + 268,8 + 63,89 + 65,94 = 1503,21 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 178,28 + 474,36 + 161,28 + 65,23 + 39,56 = 918,71 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (4.18)$$

где $K_{ЦЕХ}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 1503,21 + 1,5 \cdot 705,9 = 1503,21 + 1058,85 = 2562,06 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 918,71 + 1,5 \cdot 423,54 = 918,71 + 634,31 = 1554,02 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЗАВ} \quad (4.19)$$

где $K_{ЗАВ}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2562,06 + 1,15 \cdot 705,9 = 2562,06 + 811,78 = 3373,84 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1554,02 + 1,15 \cdot 406,08 = 1554,02 + 466,99 = 2021,01 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	313,98	178,28
2	Фонд заработной платы	ФЗП	779,68	454,81
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	277,56	161,91
4	Затраты на оборудование	Зоб	153,36	152,19
5	Расходы на площади	Зпл	159,04	92,32
	Себестоимость технологическая	Стех	1503,21	918,71
6	Расходы цеховые	Рцех	1044,21	609,12
	Себестоимость цеховая	Сцех	2562,06	1554,02
7	Расходы заводские	Рзав	1496,7	873,07
	Себестоимость заводская	С _{зав}	3373,84	2021,01

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где $K_{\text{З}}$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

$N_{\text{А}}$ – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 54120 - (54120 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 19212 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 19212 \cdot 0,89 = 17098 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЩПР}} = \text{К}_{\text{ОБПР}} + \text{К}_{\text{ПЛПР}} + \text{К}_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

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.

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = 130680 \cdot 1,05 \cdot 0,53 = 72723 \text{ руб.}$$

$$\text{К}_{\text{СОП}} = \text{К}_{\text{ДЕМ}} + \text{К}_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 17098 \cdot 0,05 = 854 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 130680 \cdot 0,05 = 6534 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 854 + 6534 = 7388 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 72723 + 7388 = 80111 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}} \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 80111 - 17098 = 63013 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

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

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 17098/600 = 28,5 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 80111/600 = 133,51 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{6,3 - 3,78}{15,12} \cdot 100\% = 40\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 40}{100 - 40} = 66,7\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{150321 - 918,71}{150321} \cdot 100\% = 38,9\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (3373,84 - 2021,01) \cdot 600 = 811698 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{63013}{811698} = 0,5 \text{года}$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Эг} = \text{Э}_{\text{уг}} - \text{Ен} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Эг} = 811698 - 0,33 \cdot 63013 = 790903 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 40 %, увеличение производительности труда на 66,7 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 38,9 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 811698 рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 790903 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение производительности и качества сварочных операций при строительстве и ремонте технологических трубопроводов газорегуляторного пункта.

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами и обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов.

Был выбран заменяющий способ сварки – механизированная сварка в углекислом газе.

На основании анализа научной информации был произведён анализ способов повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе.

Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода

В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 66,7 %, снижению технологической себестоимости на 38,9%. Расчётная условно-годовая экономия составляет 811698 руб.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жерносеков А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.
2. Лабур, Т.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом алюминиевых сплавов с регулируемой формой импульсов / Т.М. Лабур, А.М. Жерносеков, М.Р. Яворская, М.П. Пашуля // Сварочное производство. – 2013. – № 11. – С. 3–7.
3. Геке, С. МИГ/МАГ сварка тандемом / С. Геке, Й. Хедергард, М. Лундин, Г. Кауфманн // Сварочное производство. – 2002. – № 4. – С. 30–35.
4. Рекламная информация фирмы Fronius: CMT ADVANCE: специалист по сварке тонкого металла // Автоматическая сварка. – 2010. – № 10. – С. 67–68.
5. Ках П. Особенности применения гибридной лазерно-дуговой сварки (Обзор) / П. Ках, А.Салминен, Дж. Мартикаинен // Автоматическая сварка. – 2010. – № 6. – С. 38–47.
6. Кайтель, С. Технологии гибридной лазерно-дуговой сварки кольцевых швов на магистральных трубопроводах / С. Кайтель, Я. Нойберт // Автоматическая сварка. – 2014. – № 4. – С. 37–43.
7. Жерносеков, А.М. Импульсная лазерно-дуговая сварка углеродистых сталей / А.М. Жерносеков, В.Ю. Хаскин, Т.Н. Набок // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 5/1(71). – С. 12–16.
8. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Олышанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
9. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
10. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

11. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

12. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.

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

14. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

16. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.

17. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

18. Реальные возможности безредукторных механизмов импульсной подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, С.П. Ковешников, Б.Г. Светников, С.И. Полосков // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1989, Вып. 4. - С. 46-48.

19. Походня, И. К. Сварка порошковой проволокой и перспективы ее развития / И. К. Походня // Сварочное производство. – 1967. – № 11. – С. 43–45.

20. Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // Welding J. — 1993. — № 1. — P. 25–29.

21. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-

методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

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

23. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

24. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

25. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

26. Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

27. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.

28. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.

29. Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.

30. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

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

32. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.