

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 ремонтной сварки технологического трубопровода
колонны синтеза аммиака»

Студент

В.В. Быстров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Еремичев

(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)

М.М. Бажутина

(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 2018

АННОТАЦИЯ

Технологические трубопроводы химических производств входят в состав установок по производству аммиака. К трубопроводам предъявляются повышенные требования по надежности и безотказности. Это связано с тем, что авария на аммиачном трубопроводе может привести к порче дорогостоящего оборудования, нанесению ущерба зданиям, нарушению производственного процесса и нанесения урона экологии.

Технологический процесс проведения ремонтных работ подразумевает использование ручной дуговой сварки с применением штучных электродов и оснастки в виде приварных муфт. Недостатками данного вида сварки является относительно низкая производительность, а также сложные условия труда. Получение сварного соединения сопряжено с появлением различных дефектов, требующих устранения, а при необходимости и полной переварки. Устранение дефектов сварки еще больше снижает производительность ремонтно-сварочных работ.

Таким образом, цель выпускной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологического трубопровода колонны синтеза аммиака, можно считать актуальной.

В работе выполнялись 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 содержит 74 страниц, графическая часть содержит 6 листов формата А1.

ABSTRACT

Technological pipelines of chemical industries are part of the ammonia production facilities. Hanging requirements for reliability and reliability are imposed on the pipelines. This is because an accident on an ammonia pipeline can lead to the destruction of expensive equipment, damage to buildings, disruption of the production process and environmental damage.

The technological process of carrying out repair work involves the use of manual arc welding with the use of piece electrodes and accessories in the form of welded couplings. Disadvantages of this type of welding is relatively low productivity, as well as difficult working conditions. The preparation of a welded joint is associated with the appearance of various defects that require elimination, and if necessary, complete digestion. Elimination of welding defects further reduces the performance of repair and welding operations.

In this way, the objective of the bachelor's thesis - improving the productivity and quality of repair welding of the technological pipeline of ammonia synthesis column, can be considered relevant.

The following tasks were performed in the bachelor's thesis:

- 1) to substantiate the replacement of the welding method on the basis of the modern achievements of welding science and technology;
- 2) to substantiate the selection of welding materials and equipment for welding and suggest the optimal parameters of the welding regime;
- 3) to compile a design welding technology using the previously proposed technical solutions.

The volume of the bachelor's thesis is 77 pages, the graphic part contains 6 broadsheets of «A1» format.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА	8
1.1 Описание колонны синтеза аммиака и применяемых трубопроводов	8
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	11
1.3 Сведения о дефектах трубопровода	16
1.4 Особенности выполнения операций по базовой технологии	19
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	26
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА	27
2.1 Выбор способа сварки	27
2.2 Технологический процесс ремонта трубопровода	32
2.2.1 Выбор сварочных материалов	32
2.2.2 Определение режимов сварки	33
2.2.3 Мероприятия по подготовке участка трубопровода к ремонту	38
2.2.4 Фиксирование муфты на трубопроводе	39
2.2.5 Приспособление для осуществления ремонтных работ на трубопроводе	40
2.2.6 Технология выполнения продольных швов муфты	42
2.2.7 Технология выполнения кольцевых швов муфты	46
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	49
3.1 Составление технологической характеристики объекта	49
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	51
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	52

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	53
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	55
3.6 Заключение по экологическому разделу	56
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	57
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	57
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	59
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	60
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	62
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	66
4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии	66
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	68
4.8 Заключение по экономическому разделу	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	72

ВВЕДЕНИЕ

Предприятие «КуйбышевАзот» признано одним из крупнейших химических заводов территории Российской Федерации.

Основными направлениями деятельности данного завода является:

1) производство капролактама, а также его основных продуктов переработки, таких как полиамид, технические нити повышенной прочности, кордная ткань, различные виды пластиков;

2) производство аммиака, а также азотных удобрений.

Предприятие «КуйбышевАзот» продолжает обновление оборудования, участвующего в производственных циклах. Так на заводе была собрана установка осуществляющая пропитывание кордной ткани. Данная установка расположена на производстве полиамидов. Также на производстве аммиачной селитры была добавленная установка для очистки конденсата, образующегося от сокового пара.

На предприятии «КуйбышевАзот» в настоящее время осуществляется строительство универсальной комплексной линии призванной увеличить объем выработки заводом азотной кислоты и значительно снизить объемы выбросов окислов азота в окружающую среду. Также сейчас осуществляется обновление технологического отдела ректификации на участке, связанного с производством капролактама.

Технологические трубопроводы химических производств входят в состав установок по производству аммиака. К трубопроводам предъявляются повышенные требования по надежности и безотказности. Это связано с тем, что авария на аммиачном трубопроводе может привести к порче дорогостоящего оборудования, нанесению ущерба зданиям, нарушению производственного процесса и нанесения урона экологии.

«КуйбышевАзот» официально признан промышленным объектом повышенной опасности. Причиной отнесения предприятия к опасным объектам связана с производством высокотонажных партий опасных

химических веществ, а именно – метанола, аммиака. Также стоит отметить, что при данном производстве используется огромное количество природного газа.

Таким образом, при возникновении аварии на данном предприятии может возникнуть трагедия больших масштабов. Так, например, взрыв на предприятии «КуйбышевАзот» может вызвать детонацию емкостей с ядовитыми веществами других предприятий находящихся по соседству в промышленной зоне города. Это приведет к многочисленным жертвам среди городского населения в близлежащих территориях.

По этой причине сотрудники предприятия «КуйбышевАзот» постоянно занимаются поиском изношенных участков трубопровода и проведением ремонтно-сварочных работ.

Технологический процесс проведения ремонтных работ подразумевает использование ручной дуговой сварки с применением штучных электродов и оснастки в виде приварных муфт.

Недостатками данного вида сварки является относительно низкая производительность, а также сложные условия труда. Получение сварного соединения сопряжено с появлением различных дефектов, требующих устранения, а при необходимости и полной переварки. Устранение дефектов сварки еще больше снижает производительность ремонтно-сварочных работ.

Таким образом, цель выпускной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологического трубопровода колонны синтеза аммиака, можно считать актуальной.

1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА

1.1 Описание колонны синтеза аммиака и применяемых трубопроводов

Колонна синтеза аммиака представлена на рисунке 1.1. Она состоит из фундамента (поз. 1), нагревателя (поз. 2), этажерки, включающей в себя площадки (поз. 3), самой колонны (поз. 4), дефлегматора (поз. 5), разделительного устройства (поз. 6), охладителя дистиллятора (поз. 7), кипятильника (поз. 8), а также охладителя кубового остатка (поз. 9).

В процессе своей работы в колонне нагнетается избыточное давление порядка 1 атмосферы. Верх колонны нагревается до $66,7^{\circ}\text{C}$, при этом греющий пар подается с давлением около 5 атмосфер. Трубопроводы аммиачной колонны выполнены с труб с диаметром 150, 90 миллиметров, при этом толщина стенки составляет 7 миллиметров. Данные трубы соответствуют ГОСТу 9941-81. Температурный режим передаваемой газовой смеси может достигать 340°C , а нагнетаемое избыточное давление может достигать 16 атмосфер.

Жидкий аммиак из сепаратора 1 и конденсационной колонны 2 под давлением 190 кг/см^2 при температуре 15°C подают в приемную камеру инжектора 3, распыляют перед соплом продувочными тазами из колонны 4 синтеза, имеющими температуру 500°C и давление 200 кг/см^2 , в соотношении 1:50. Полученной азото-водородо-аммиачной смесью, выходящей из сопла, инжeksiруют газообразный аммиак низкого давления ($P_{\text{изб}} = 3,0\text{ кг/см}^2$), поступающий из испарителя 5. Далее смешанный поток с давлением $P_{\text{изб}} = 14\text{ кг/см}^2$ проходит холодильник-конденсатор 6, в котором аммиак конденсируется и сливается в сборник 7, а азото-водородная смесь вместе с танковыми газами отводится на установку улавливания аммиака по линии 8.

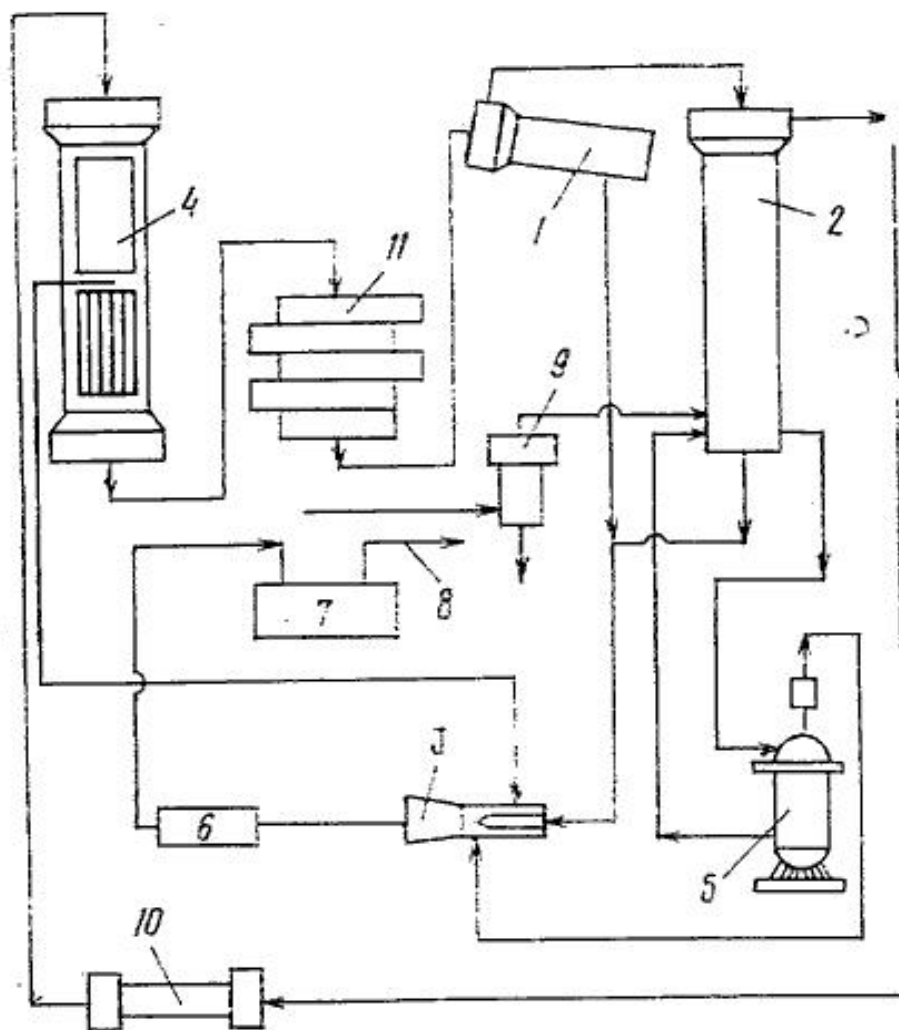


Рисунок 1.2 – Схема синтеза аммиака

Свежую азото-водородную смесь подают через масляный фильтр 9, в конденсационную колонну 2, где смешивают ее с циркуляционным газом. Затем циркуляционный газ подают последовательно в циркулярный компрессор 10, колонну 4 синтеза, холодильник-конденсатор 11, сепаратор 1 и вновь в конденсационную колонну 2.

Трубопроводы аммиачной колонны выполнены с труб с диаметром 150, 90 миллиметров, при этом толщина стенки составляет 7 миллиметров. Данные трубы соответствуют ГОСТу 9941-81. Температурный режим передаваемой газовой смеси может достигать 340°C , а нагнетаемое избыточное давление может достигать 16 атмосфер.

Состояние трубопроводов влияет на непрерывность производственных технологических циклов различных химических предприятий. Как показывает практика, трубопроводы склонны к старению, а, следовательно, и к увеличению числа аварий за единицу времени.

Можно выделить следующие группы причин отказов трубопроводов:

- 1) Рост коррозионного износа трубопроводов;
- 2) Ошибки в проектных решениях;
- 3) Наличие производственных дефектов у труб;
- 4) Ошибки допущенные рабочими при строительстве трубопровода, либо при его ремонте;
- 5) Неправильная эксплуатация трубопроводов.

Так, например, поражение трубопроводов коррозией приводит к уменьшению его несущей способностью, а в отдельных случаях может спровоцировать отказ. Одним из неблагоприятных последствий аварии на трубопроводе является разрушение стенок труб с потерей герметичности. Такой исход всегда приводит к огромным Финисовым потерям предприятия и к нанесению значительного ущерба окружающей среде. Возникающие в результате такой аварии взрывы и пожары приводят к человеческим жертвам и к длительным перебоям в поставках газа к конечному потребителю.

Таким образом, одной из основных задач предприятия «КуйбышевАзот» является обеспечение безотказной и безаварийной работы транспортных трубопроводов.

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Несущий каркас колонны синтеза аммиака выполнен из стали марки 15Г2СФД, свойства которой определены ГОСТом 19281–73. Главный корпус аммиачной колонны, а также емкости и трубопроводы выполнены из стали 12Х18Н10Т, свойства которой определены ГОСТом 7350–77.

Марка 12X18H10T является коррозионностойкой и жаропрочной сталью. Данная сталь применяется при изготовлении сварной аппаратуры, теплообменников, электродов свечей зажигания, а также других изделий, работающих в агрессивных средах.

Марка 12X18H10T разрешена к эксплуатации при диапазоне температур $-196...+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ без требований к давлению.

ГОСТы 7350–77, 5582–72, 4986–79 предъявляют требования к отсутствию склонности у данной марки стали к коррозии межкристаллитного типа.

Данная марка стали по назначению, физическим и механическим характеристика идентична маркам 08X18H10T и 10X18H9T.

Марка 12X18H10T по своему типу является аустенитной сталью, т.е. феррит содержится в малом количестве или совсем отсутствует. Данная марка обеспечивает содержание феррита в металле сварного шва в диапазоне от 2% до 10%.

Таблица 1.1 – Химсостав марки 08X18H10T в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
<0.12	<0.8	<2	9-11	<0.02	<0.035	17-19	<0.3	0,5 – 0,7	оставшиеся %

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства марки 12X18H10T

Состояние поставки и наличие термической обработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_s	δ_5	ψ
		МПа		%	
		не менее			
Трубы бесшовные горячедеформированные без термической обработки	3,5...32	205	511	41	54

Сварка сталей марки 08X18H10T обладает рядом особенностей, представленных ниже [2]:

1) Необходимость избегания нагрева околошовной зоны и металла сварного шва в процессе эксплуатации до температуры $450-650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такой нагрев

приводит к появлению межкристаллитной коррозии и ножевой коррозии в зоне сплавления.

2) Образование термических трещин при кристаллизации металла связано с аустенитной структурой сварного шва. При этом размер термических трещин бывает разным: от незаметных глазу микронадрывов в структуре металла до крупных заметных трещин. Термические трещины могут возникать при эксплуатации металлоконструкций в условиях повышенных температур или при термообработке. При сварке образование термических трещин связано с формированием крупнозернистой макроструктуры металла в зоне сварного шва. При многослойной сварке вероятность образования термических трещин повышается, т.к. кристаллы текущего слоя являются продолжением кристаллов предыдущего слоя и на них оказывают влияния напряжения усадки.

3) Подверженность охрупчиванию. Это выражается в снижении пластичности металла в зоне сварки при длительной работе металлоконструкции в условиях высокой температуры ($>350\text{ }^{\circ}\text{C}$). Причиной охрупчивания металла в температурном диапазоне от 350 до $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ является повышенное содержание феррита, а при более высоких температурах – из-за стигматизации. Также охрупчивание металла в зоне сварки с большим содержанием феррита происходит при выполнении различных технологических операций на производстве, например, при горячей штамповке. Для предотвращения эффекта охрупчивания металла в зоне сварки при длительном нагреве с температурой выше $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ нужно снизить содержание феррита в металле до 8-10 %.

4) Подверженность к короблению. Если сравнивать с углеродистыми сталями данная марка стали обладает сниженной теплопроводностью и высоким коэффициентом теплового расширения в температурном диапазоне $0-800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это приводит к усилению эффекта коробления металлоконструкций при сварке.

Мероприятия по предотвращению межкристаллитной и ножевой коррозии

- 1) Сторону сварного шва направленного к коррозионной среде необходимо заваривать последней. При выполнении двухсторонней сварки следует выполнять третий облицовочный шов, направленной к коррозионной среде. Если при односторонней сварке отсутствует возможность выполнения сварного шва направленного к коррозионной в последнюю очередь, то следует принять дополнительные меры, направленные на уменьшение перегрева металла первого слоя шва последующими слоями. В том случае следует применить медные массивные прокладки, обдув воздухом, сточки зрения режимов – сварку следует выполнять на максимальной скорости, малым диаметром электродов, на малой силе тока, без поперечных колебаний;
- 2) Не допускать перегрева металла путем ограничения кратности ремонтных подварок – не более двух;
- 3) При необходимости следует выполнить полировку рабочей поверхности сварного соединения;
- 4) Для предотвращения перегрева необходимо и сохранения коррозионной стойкости стали в зоне нагрева сварку следует выполнять при минимально возможном токе, на высокой скорости в условиях отсутствия поперечных колебаний сварочного электрода.

Мероприятия по предотвращению появления термических трещин

- 1) Во время сварки следует выбирать наименьшую длину дуги и обеспечить отсутствие поперечных колебаний.
- 2) Кратеры швов необходимо заправлять до получения выпуклости или проводить их вышлифовку. Запрещено выводить кратеры на основной металл трубопровода.
- 3) Если произошел обрыв дуги, то следует проверять место сварки на отсутствие кратерной трещины перед продолжением сварки. При

обнаружении трещины следует воспользоваться механической обработкой для удаления кратера.

4) При разработке проекта сварных конструкций из аустенитных сталей рекомендуется производить замену тавровых и угловых соединений на стыковые.

Мероприятия по предотвращению охрупчивания металла

Для того чтобы снять эффект охрупчивания металла, возникающий при длительной эксплуатации сварной конструкции при температуре выше 350 °C необходимо ограничить содержание феррита в металле сварного соединения.

Металл, попавший в результате сварки в зону термического влияния должна быть исследована при циклических испытаниях на разрывной машине, так такие исследования позволяют получить достоверно оценить несущей способности стали марки 12X18H10T.

Циклическое нагружение стали 12X18H10T приводит к снижению пластичности, а следовательно и к повышению у металла в зоне сварки склонности к хрупкому разрушению. Скорость снижения пластичности стали зависит от циклограммы нагружения и температуры.

Изучение фазового состава образцов металла из зоны термического влияния сварки после проведения циклических испытаний показало присутствие карбидов TiC и $Cr_{23}C_6$. Под действием температуры и упруго-пластических деформаций в стали происходит процесс растворения, выделения и коагуляции карбидных частиц.

Выделения данных частиц хоть и приводит к повышению прочности, но значительно снижает пластичность стали. При этом показатель прочности зависит от геометрических характеристик карбидных частиц [3, 4] (размер, форма).

Интенсивность образования карбидных частиц во многом зависит от величины напряжений, длительности нагружения и температуры нагрева металла.

1.3 Сведения о дефектах трубопровода

Основными факторами, инициирующими дефекты в оборудовании опасных производств, являются агрессивность среды, воздействие нагрузок, превышающих расчетные параметры, деградация материала в процессе эксплуатации и т.д. Дефекты могут возникать на любых стадиях изготовления и использования продукции. Так плавление металла приводит к появлению в его массе неметаллических включений и газовых пор, обработка металла давлением провоцирует появление расслоений и закатов, термическая, электрохимическая и механическая обработка приводит к появлению трещин, прожогов и коррозии. Также источниками дефектов в полуфабрикатах и готовых изделиях могут служить процессы, протекающие при их хранении, транспортировке и эксплуатации (коррозионные поражения, деградация металла и др.). К деградационным процессам относятся естественное старение, коррозия, водородное старение (охрупчивание) и изнашивание материалов, являющиеся основными физико-химическими причинами потери прочности оборудования.

Если рассматривать распределение дефектов основного металла трубопроводов (рис. 1.3), то можно увидеть, что большую часть занимают вмятины и гофры, которые появились в результате эксплуатации изделий. На втором месте по объему дефектов находятся коррозионные поражения, связанные с агрессивной средой работы трубопроводов [5].

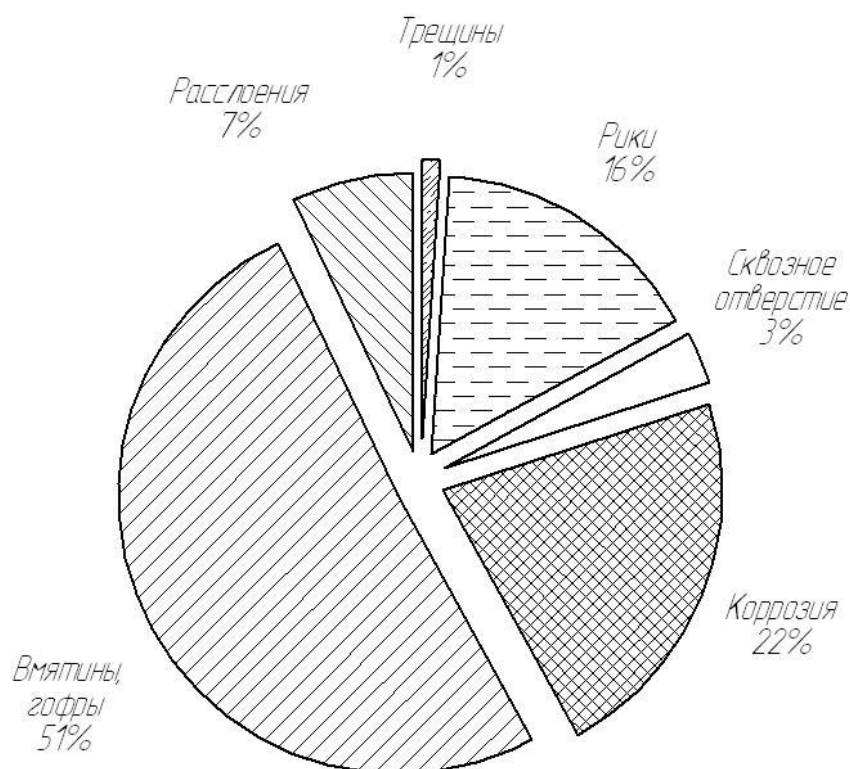


Рисунок 1.3 – Дефекты основного металла трубопроводов

При этом дефекты трубопроводов часто появляются вследствие нарушения технологии проведения и нарушение режимов сварочных работ. В этом случае образуются такие дефекты, как непровар, свищи, подрезы, раковины, нарушение геометрии шва и др. (рисунок 1.4).

Дефекты такого рода являются катализаторами последующего разрушения металла со снижением эксплуатационных характеристик трубопровода.

При изучении распределения дефектов сварки трубопроводов можно выявить, что наиболее часто встречаемыми являются подповерхностные дефекты. Их доля составляет порядка 65%, к ним, например, относятся непровары, внутренние трещины. Такая высокая доля подповерхностных дефектов связана со сложностью их обнаружения и необходимостью использования специального оборудования для ультразвукового или радиографического контроля.

Доля дефектов связанная с нарушением геометрии сварных швов составляет порядка 14%. Данные дефекты являются концентраторами напряжений в сварном соединении и, при неблагоприятных условиях, могут стать источниками разрушения шва [6].

Таблица 1.3 – Характеристика дефектов и виды ремонта

Описание	Глубина после очистки (мм)	Протяжённость, не более (мм)	Площадь, не более (мм)	Вид ремонта
Отдельные каверны на расстоянии более 0,5 диаметра трубы	Не выводящие толщину стенки за пределы минусового допуска, но не более 0,8 мм	Не ограничивается		Зачистка
	до 1,2 мм	30	700	Наплавка
	до 3 мм	15	175	
	более 3 мм	Не ограничивается		Установка муфты
Отдельные каверны и скопление каверн на расстоянии менее 0,5 диаметра трубы	Не выводящие толщину стенки за пределы минусового допуска, но не более 0,8 мм	Не ограничивается		Зачистка
Свищи		Не ограничивается		Установка муфты

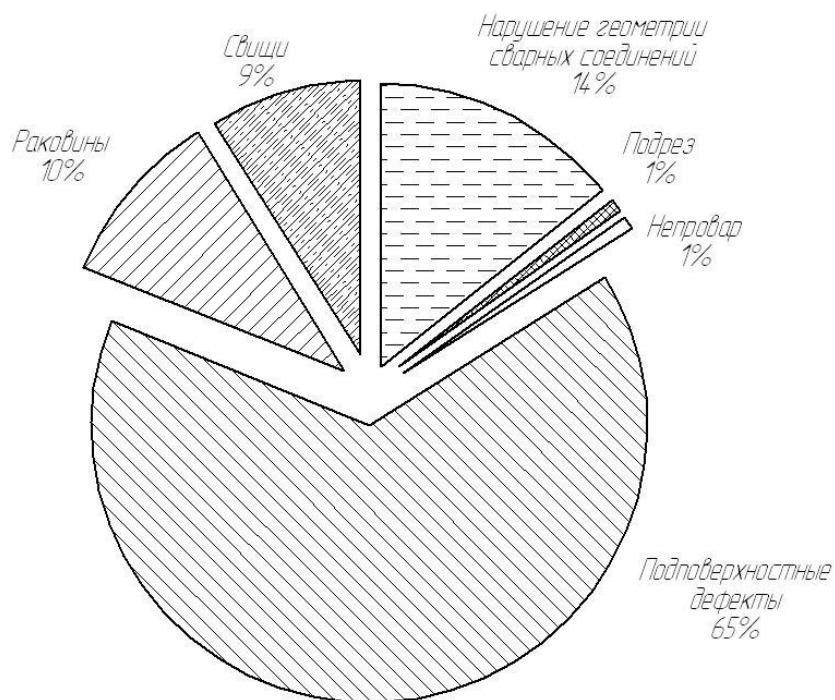


Рисунок 1.4 – Сварные соединения трубопроводов – распределение дефектов

1.4 Особенности выполнения операций по базовой технологии

1.4.1 Выполнение сварки продольных швов муфт

Изготовление кромок

До начала сварки необходимо подготовить кромки стыков. Для этого применяется V-разделка (рисунок 1.5, а) со следующими геометрическими параметрами: угол скоса - 30° , величина притупления – $1,8^{+0,8}$ миллиметров.

Также допускается применять несимметричную разделку (рисунок 1.5, б) со следующими геометрическими параметрами: углы скоса – $10^\circ_{-5^\circ}$, $30^\circ_{-5^\circ}$, величина притупления – $1,8^{+0,8}$ миллиметров. Данный вид разделки является более удобным.

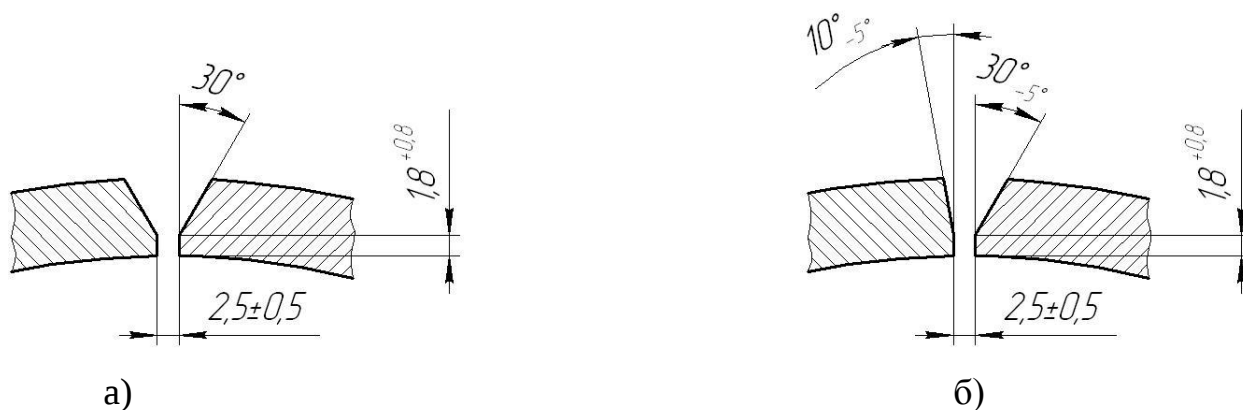


Рисунок 1.5 – Подготовка кромок продольных стыков муфты

Выполнение сборки

При выполнении сборки между стыками должно быть обеспечено наличие технологического зазора размером $2,5 \pm 0,5$ миллиметров.

Максимальное смещение кромок должно быть не более 20% от толщины стенки, что составляет в нашем случае 1,4 мм.

При выполнении сборки муфты применяется различная съемная оснастка, предназначенная для правильного ориентирования и обжатия муфты относительно трубы.

Количество применяемой оснастки зависит от протяженности муфты, так оснастка устанавливается не реже чем через каждые 2 метра ее длины.

Запрещено наносить удары любым тяжёлым инструментом по муфте с целью достижения требуемого обжатия муфты относительно трубы.

Во время сборки необходимо контролировать величину зазора и смещения кромок муфты. Также необходимо следить за зазором между стенками муфты и ремонтируемого трубопровода.

Выполнение прихваток

Выполнение прихваток необходимо выполнять равномерно вдоль стыков, затем производится съём сборочной оснастки для выполнения сварки по всей длине шва.

Протяженность одной прихватки должна составлять от 40 до 100 миллиметров в зависимости от длины муфты. Количество требуемых прихваток определяется в зависимости от длины продольного стыка муфты.

Для уменьшения вероятности образования дефектов начало каждой прихватки или шва должно зачищаться шлифмашинкой. Прихватки должны обеспечить гарантированное проплавление кромок.

Если при визуальном контроле прихваток обнаружены дефекты типа пор, шлака, свищей, то такие дефекты следует удалять шлифовальной машиной. Если на прихватках обнаружены недопустимые дефекты по типу трещин, надрывов, то такие прихватки должны быть удалены полностью шлифовальной машиной и выполнены заново.

Как только прихватки выполнены, и оснастка снята, рабочие начинают выполнять сварку продольных стыков.

Выполнение сварного соединения

При сварке используется источник постоянного тока ВД-306 УЗ (рисунок 1.6), обладающий характеристиками, представленными в таблице 1.4.

Выполнение сварки и прихваток осуществляют с использованием покрытых электродов марки ЦЛ-11. Механические характеристики получаемого металла шва и химический состав представлены в таблицах 1.5, 1.6. Сварка производится при постоянном токе обратной полярности с параметрами, представленными в таблице 1.7.



Рисунок 1.6 – Источник постоянного тока ВД-306 УЗ

Таблица 1.4 – Основные параметры источника постоянного тока ВД-306 УЗ

Номинальное напряжение питающей сети	3 х 380 В
Частота питающей сети	50 Гц
Номинальный сварочный ток	400 А
Номинальное рабочее напряжение	32.5 В
Напряжение холостого хода	80 В
Потребляемая мощность при номинальном выпрямленном токе,	12.9 кВА
Количество сварочных постов	1 шт
Номинальный КПД	91 %
Режим работы, ПН	100 %
Габаритные размеры, Д х Ш х В	428 х 305 х 340 мм

Таблица 1.5 – Физико-механические характеристики металла шва (с использованием электродов ЦЛ-11)

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение d_5 , %	Ударная вязкость, Дж/см ²
661	420	33	121

Таблица 1.6 – Химический состав наплавленного металла, %, (с использованием электродов ЦЛ-11)

С	Mn	Si	Ni	Cr	Nb	S	P
0,10	1,8	0,53	9,8	20,8	0,99	0,011	0,020

Таблица 1.7 – Параметры сварки

Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А, в зависимости от положения шва		
	нижнем	вертикальном	потолочном
3	70-90	60-80	60-80

1.4.2 Выполнение сварки кольцевых швов

Соединение муфты с трубопроводом осуществляется сварными кольцевыми швами. При этом сварное соединение выполняется с нахлестом без скоса кромок.

Пред началом сварки муфты и трубы необходимо провести проверку фактической толщины стенки трубы в зоне будущего сварного шва. Места с наименьшей толщиной стенок должны быть помечены на поверхности трубы, что впоследствии облегчит работу сварщика.

Прилегание муфты к поверхности трубы должно быть максимально плотным, при этом допускается наличие зазора толщиной до 1,5 миллиметров.

При выполнении прихваток кольцевого шва муфты и трубопровода необходимо руководствоваться следующим:

- Прихватки должны быть равномерно распределены по периметру будущего сварного шва;
- Запрещено пресечение прихватки кольцевого шва с продольным сварным швом;
- Количество прихваток для трубы диаметром 90 миллиметров составляет 3-4 штуки, для трубы диаметром 150 миллиметров – 4-6 штук.

- Длина прихваток для трубы диаметром 90 миллиметров составляет 30-40 миллиметров, а для трубы диаметром 150 миллиметров – 40-60 миллиметров.

При выполнении сварки необходимо соблюдать схему наложения корневых и остальных слоев шва, представленную на рисунке 1.7. При этом необходимо обеспечить смещение точек начала наложения слоев друг относительно друга на величину от 20 до 25 миллиметров.

Запрещено делать перерывы в работе при сварке кольцевых швов. Недопустимо оставление сварных угловых швов незавершенными.

Сразу при завершении выполнения кольцевого шва его необходимо накрыть теплоизоляцией, выполненной из негорючего материала. При наложении каждого слоя требуется выполнять пооперационный контроль соединения, заключающийся в его внешнем осмотре. При обнаружении видимых дефектов они должны быть устранены с помощью шлифовальной машины.

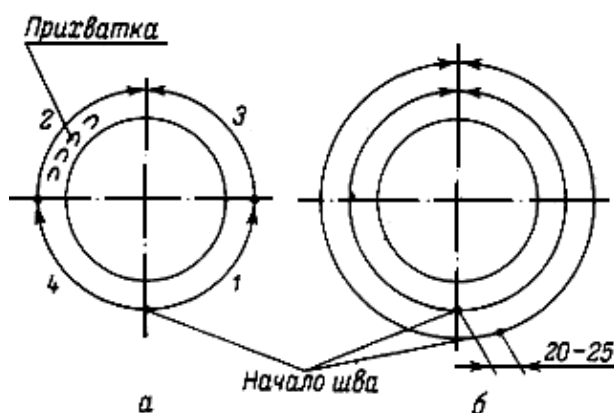


Рисунок 1.7 – Алгоритм наложения слоев при сварке неповоротного стыка: а - корневой слоя; б – все последующие слои

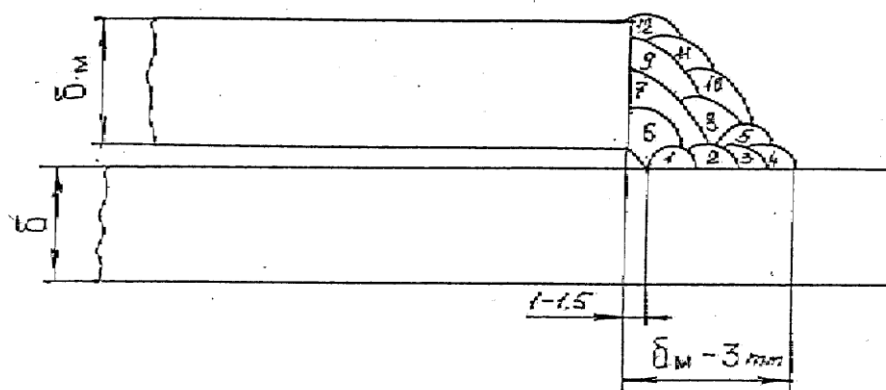


Рисунок 1.8 – Алгоритм накладывания слоёв при выполнении кольцевого шва муфты

1.4.3 Выполнение контроля качества

Для контроля качества выполнения кольцевых швов при сварке муфты и трубопровода осуществляются следующие мероприятия:

- 1) пооперационный контроль сварного соединения;
- 2) визуальный контроль сварного соединения;
- 3) анализ макрошлифов металла, взятого из места сварки (при сварке под флюсом);
- 4) неразрушающий контроль сварных соединений с использованием различных физических принципов;
- 5) физико-механические испытания образцов сварных соединений на разрывной машине;
- 6) измерение и регистрация параметров протекания сварки.

Осуществление пооперационного контроля

Применение пооперационного контроля нацелено на контроль оценки качества следующих элементов:

- 1) Соответствие труб требованиям ГОСТов и технических условий по изготовлению и поставке.
- 2) Соответствие качества сварочных материалов требованиям ГОСТов и технических условий.
- 3) Геометрия изготовления кромок муфты.

4) Качество сборки муфты, а именно, контроль зазоров, смещение кромок, углы скосов, центровка труб.

5) Качество изготовления прихваток, а именно их количество, длина, отсутствие на них трещин и других дефектов.

6) Соблюдение технологии сварки, а именно правильность наложения корневого и последующих слоев, контроль режимов сварки, чистота зачистки шлака.

7) Контроль качества полученных сварных швов.

Осуществление визуального контроля

Перед выполнением визуального осмотра требуется провести зачистку как самого шва, так и прилегающего металла (на ширине не менее 2 сантиметров по обе стороны шва) от различных видов загрязнений, которые включают в себя брызги расплавленного металла, шлак, окалина.

Визуальному осмотру подвергаются все сварные соединения для выявления следующих дефектов сварки:

1) Термические трещины, заходящие на поверхность основного металла в зоне шва. А также трещины на поверхности наплавленного металла.

2) Наплывы и подрезы в зоне перехода от шва к основному металлу.

3) Дефекты следующего типа – прожоги, грубая чешуйчатость, кратеры.

4) Перекосы шва, вызванные отклонением от оси, а также значительное колебание ширины и высоты шва.

К внешнему виду сварных соединений предъявляются следующие требования:

1) геометрия сварного шва должна соотноситься с требованиями ГОСТа 16037-80. Геометрические параметры представлены на рисунке 1.9.

2) На поверхности шва должны отсутствовать пористость, грубая чешуйчатость, глубокие подрезы, кратеры

3) Переходы от основного металла к наплавленному должны быть плавными, в противном случае большие наплывы должны быть подрублены и зачищены наждачным кругом до приемлемого вида.

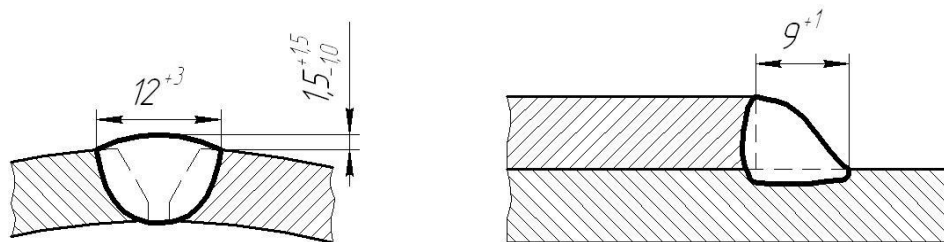


Рисунок 1.9 – Геометрические параметры соединения для швов продольного и кольцевого типа

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

На основании проведенного анализа выделим основные недостатки используемых на практике решений. Так в анализируемом варианте применяется ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к появлению следующих недостатков:

1. Высокие трудозатраты, связанные с наличием ручного труда;
2. Относительно низкая производительность;
3. Высокая вероятность появления дефектов;
4. Ненадежность муфт.

Для устранения этих недостатков базовой технологии предложено:

- 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 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДА

2.1 Выбор способа сварки

Проектирование технологии ремонтной сварки трубопроводов осуществлялась в несколько этапов.

На первом этапе были выбраны те виды сварки, которые позволяют обеспечить защиту зоны сварки от воздействий внешней среды. В нашем случае сварки подвергаются аустенитная сталь, поэтому здесь могут применены следующие виды сварки:

1. Лазерная сварка.
2. Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.
3. Ручная дуговая сварка.
4. Газовая сварка.
5. Автоматизированная сварка под флюсом.
6. Аргоновая сварка неплавящимся электродом.

На втором этапе были отобраны те способы сварки, которые подходят для данных толщин деталей (7 миллиметров). Подходящими видами сварки в этом случае являются:

1. Лазерная сварка.
2. Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.
3. Ручная дуговая сварка.
4. Автоматическая сварка под флюсом.
5. Аргоновая сварка неплавящимся электродом.

На третьем этапе были отобраны те виды сварки, которые подходят параметрам длины, конфигурации и положения шва в пространстве. В нашем случае выполнение сварных швов осуществляется по периметру трубопровода диаметром 90 и 150 миллиметров, стык – неповоротный.

Применение дуговой сварки под флюсом является в данном случае труднореализуемым, так как сложно предотвратить ссыпание с внешней поверхности трубопровода.

На данном этапе анализа подходящими типами сварки являются:

1. Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.
2. Аргоновая сварка неплавящимся электродом.
3. Ручная дуговая сварка.

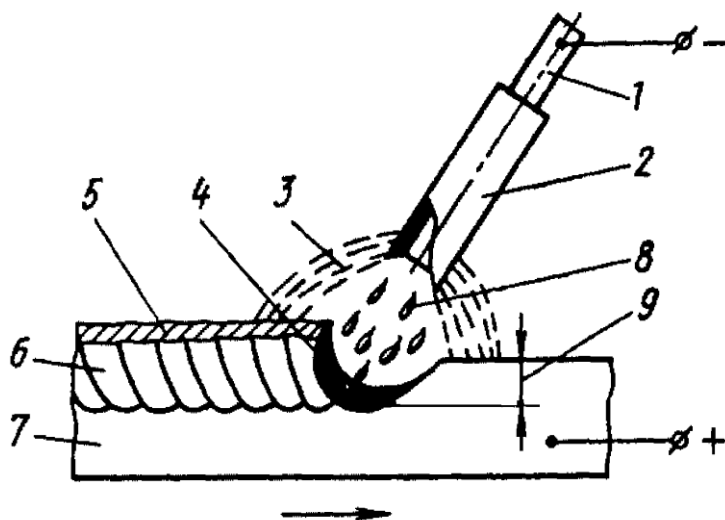
На четвертом этапе необходимо исключить те способы сварок, механизация которых затруднительна. В нашем случае ремонтно сварочные работы осуществляются в монтажных условиях, поэтому целесообразно ручных или механизированных видов сварок:

1. Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.
2. Аргоновая сварка неплавящимся электродом.
3. Ручная дуговая сварка.

При **ручной дуговой сварке** (рис. 2.1) в качестве анода и катода выступают металл свариваемого изделия и сварочный электрод – металлический стержень, покрытый слоем особого состава – обмазкой, или, согласно официальной терминологии, покрытием. Назначение покрытия – стабилизация дуги, защита и легирование расплавленного металла сварочной ванны. Различают четыре вида покрытия: основной, целлюлозный, рутиловый и кислый; для сварки магистральных трубопроводов разрешены только электроды первых двух видов. Различные виды покрытия электродов по-разному взаимодействуют с металлом в процессе сварки. Химический состав металла электрода и покрытия определяется химическим составом металла свариваемого изделия (труб) и выбранной технологией сварки.

Возбуждение электрической дуги при ручной дуговой сварке основано на использовании явления короткого замыкания. При этом происходит следующее: в месте контакта на катоде образуется катодное пятно, которое настолько сильно нагрето, что становится способным к электронной эмиссии

(т.е. испусканию электронов) при приложении напряжения в 60-70 В. Для возникновения сварочной дуги как газового разряда необходимо наличие заряженных частиц, направленное движение которых и будет электрическим током. Явлением, обеспечивающим появление этих частиц, является термическая, или ударная ионизация. Эмитированные катодом электроны в результате соударения с нейтральными ионами приводят к появлению ионов. В результате в газовой промежутке между двумя электродами возникают носители электричества – отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные ионы, создаются условия для возникновения сварочной дуги, тепло которой используется при сварке.



- 1 — металлический стержень; 2 — покрытие электрода; 3 — газовая атмосфера дуги; 4 — сварочная ванна; 5 — затвердевший шлак;
6 — закристаллизовавшийся металл шва; 7 — основной металл (изделие);
8 — капли расплавленного электродного металла; 9 — глубина проплавления

Рисунок 2.1 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Металл сварного шва – закристаллизовавшейся сварочной ванны – будет состоять из смеси металла труб и металла электродов. Его физико-химические характеристики будут зависеть как от качества и правильности

принятия решений по выбору технологии сварки, так и от качества выполнения сварочных работ и последующей термообработки сварного шва.

Преимуществами дуговой сварки штучными электродами являются то, что равномерное плавление металла электрода и обмазки гарантирует качественную шлаковую защиту сварного шва, существует возможность легирования металла шва. Недостатками: ручной труд, высококвалифицированный персонал, необходимость часто менять электроды и прерывать процесс сварки, отсутствует возможность автоматизации процесса

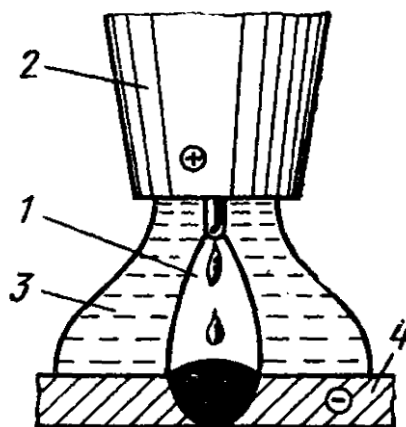
Сварка в защитном газе плавящимся электродом (рис. 2.2) может производиться в среде активных газов и среде инертных газов. Преимуществами сварки в активных газах (CO_2) являются хорошая газовая защита сварочной ванны и металла шва, относительно простое и недорогое оборудование, высокая производительность. Преимуществами сварки в инертных газах (Ar) является то, что аргон хорошо защищает сварной шов и сварочную ванну, возможна качественная проварка корня шва, высокая производительность сварки. Недостатками сварки в среде защитного газа плавящимся электродом является необходимость в приобретении механизма подачи присадочной проволоки, неравномерность подачи присадочного материала, необходимость в газовых баллонах, разбрызгивание металла. Основное преимущество процесса сварки в среде защитных газов заключается в повышении вязкости расплавленного металла, что позволяет сваривать стыковые швы на весу и механизировать сварку неповоротных стыков в разных пространственных положениях. Для сооружения магистральных трубопроводов сварку в среде углекислого газа начали применять с 1959 г.

При помощи сварки в среде CO_2 плавящимся электродом (сварочной проволокой) можно сваривать первый (корневой) слой шва поворотных

стыков на трубосварочных базах, но более распространена сварка неповоротных стыков на трассе.

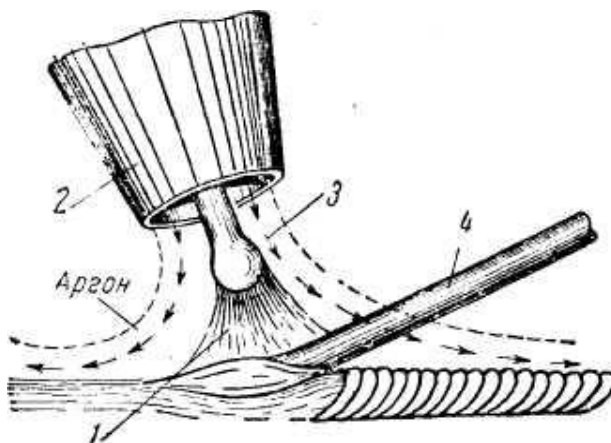
Преимуществами **сварки в аргоне неплавящимся электродом** (рис. 2.3) является то, что аргон хорошо защищает сварной шов и сварочную ванну, происходит качественная проварка корня шва, существует возможность применения проволок очень большого и очень малого диаметров, возможность подбора проволоки полностью совпадающей по химическому составу с основным металлом. Недостатками являются: дорогой и дефицитный защитный газ, при ручной сварке требуется высококвалифицированный персонал, происходит интенсивный износ оборудования при работе на высоких сварочных токах (крошатся сопла, разрушается горелка).

С учетом вышесказанного в качестве типа ремонтной сварки выберем механизированную сварку в CO_2 , обеспечивающей стабильное качество соединений и относительно высокую производительность.



1 – электрическая дуга; 2 – сопло установки; 3 – защитная газовая среда; 4 –
свариваемая деталь

Рисунок 2.2 – Сварка в среде защитного газа плавящимся электродом



1 – электрическая дуга, 2 – сопло установки, 3 – защитная газовая среда, 4 – пруток из присадочного материала

Рисунок 2.3 – Аргонная сварка с присадочным материалом

2.2 Технологический процесс ремонта трубопровода

2.2.1 Выбор сварочных материалов

При выполнении сварных соединений необходимо стремиться, чтобы металл шва и основной металл деталей были близки по химическому составу. Это необходимо, во-первых, для обеспечения одинаковых физико-механических характеристик у металла сварного шва и металла деталей, а, во-вторых, позволит повысить коррозионную стойкость места сварки [10].

Сварка в среде CO_2 приводит к изменению химического состава металла в зоне шва, поэтому для снижения данного эффекта целесообразно применение легированной электродной проволоки.

В нашем случае оптимальным будет использование электродной проволоки марки СВ-08Х20Н9С2БТЮ, основные характеристики которой соответствуют ТУ 14-1140-74. Такая проволока позволит обеспечить как стойкость к межкристаллитной коррозии, так и требуемое качество сварного соединения.

Защитный газ CO_2 должен соответствовать требованиям ГОСТ 8050-85.

Таблица 2.1 – Химсостав проволоки с марки Св-08Х20Н9С2БТЮ

С, %	Мn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %	Al, %
0,10	1...2	2...2,5	19...21	8...10	0,6...1	0,005	0,035	0,3...0,7

2.2.2 Определение режимов сварки

К параметрами при сварке в защитном газе CO_2 являются [10]:

- Полярность тока, его форма;
- Диаметр плавящегося электрода;
- Значение силы тока сварки;
- Значение напряжения сварочной дуги;
- Значение скорости подачи проволоки;
- Размер вылета электродной проволоки;
- Значение расхода CO_2 ;
- Скорость выполнения сварного шва;
- Положение сопла относительно сварного шва.

Полярность тока и его форма

При выполнении швов плавящимся электродом в защитном газе CO_2 возможно применение переменного тока с осциллятором, однако чаще используется постоянный ток. При выборе полярности тока необходимо исходить из того, что прямая полярность приводит к нестабильности дуги. Поэтому логично применения тока обратной полярности.

Диаметр плавящегося электрода

При выборе диаметра плавящегося электрода необходимо учитывать требования, предъявляемые СТО-СА-03-005-2010.

В нашем случае оптимальный диаметр электродной проволоки равен 1,4 миллиметра, т.к. данное значение позволит обеспечить приемлемую

стабильность горения дуги и необходимый уровень переноса металла в сварное соединение.

Значение силы тока сварки

Значение силы тока сварки влияет на глубину проплавления, а также на производительность получения неразъемных сварных соединений.

Значение сварочного тока при использовании проволоки сплошного сечения рассчитывается по выражению 2.1:

$$I_{\text{н\acute{a}}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot a}{4}, \quad (2.1)$$

где $I_{\text{св}}$ – ток сварки, А;

$d_{\text{в}}$ – диаметр плавящегося электрода, мм;

a – плотность тока в проволоке ($a = 110 \dots 130$ А/мм²).

$$I_{\text{н\acute{a}}} = \frac{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (110 \dots 130)}{4} = 170 \dots 200 \text{ А.}$$

Значение напряжения сварочной дуги

Электрические параметры дуги, зависят от ее длины. Так значение напряжения сварочной дуги увеличивается с ростом ее длины.

Одновременно с ростом напряжения происходит увеличение, как ширины шва, так и глубины проплавления. Значение напряжения дуги следует выбирать в соответствии со значением силы тока сварки.

Значение напряжение дуги также влияет на форму провара, геометрические размеры шва, величину металла при разбрызгивании и производительность сварки.

Значения напряжения дуги и расход CO₂ должны соответствовать значению силы тока сварки в соответствии с таблицей 2.2 [10].

Для нашего случая примем значение напряжения дуги равным 23...26 В.

Таблица 2.2 – Влияние тока сварки на напряжение дуги и расхода CO₂

Ток сварки, А	50-60	90-100	150- 160	220- 240	280- 300	360- 380	430- 450
Напряжение дуги, В	17-28	19-20	21-22	25-27	28-30	30-32	32-34
Расход CO ₂ , л/мин	8-10	8-10	9-10	15-16	15-16	18-20	18-20

Значение скорости подачи проволоки

Скорость подачи электродной проволоки при фиксированном значении напряжения влияет на стабильность горения дуги.

Расчет скорости подачи проволоки осуществляется в соответствии с формулой 2.2, рассчитанное значение зависит от силы $I_{св}$ сварочного тока и диаметра используемой электродной проволоки d_{np} :

$$V_{i\delta} = \frac{4a_{\delta} \cdot I_{\tilde{n}\tilde{a}}}{\pi \cdot d_{\tilde{y}}^2 \cdot \rho}, \quad (2.2)$$

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

ρ - плотность материала проволоки, г/см³.

Рассчитаем значение коэффициента α_p с использованием следующего выражения:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\tilde{n}\tilde{a}}}{d_{\tilde{y}}}. \quad (2.3)$$

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{185}{1,4} = 13,6 \text{ г/А·ч}; \quad V_{i\delta} = \frac{4 \cdot 13,6 \cdot 185}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 7,8} = 210 \text{ м/ч}.$$

Размер вылета электродной проволоки

Вылет электродной проволоки – это расстояние от ее конца до точки выхода проволоки из сопла сварочной установки.

Данное расстояние оказывает влияние на устойчивость горения дуги и на качество получаемого соединения. С ростом данного расстояния происходит снижение устойчивости сварки, а также происходит увеличение интенсивности разбрызгивания расплавленного металла.

Чрезмерно малый вылет электрода затрудняет визуальный контроль над протеканием процесса сварки, также это приводит к подгоранию контактного наконечника.

Величина данного расстояния регулируется исходя из диаметра плавящегося электрода (проволоки).

В нашем случае, вследствие предложенных технических решений, устойчивость сварочного процесса достаточно высокая, по этой причине принимаем максимальное значение вылета, которое для данного диаметра электрода (1,4 миллиметра) составляет от 8 до 15 миллиметров.

Значение расхода CO_2

Значение расхода CO_2 выбирается в зависимости от таких параметров, как значение силы сварочного тока, выбранная скорость сварки, вылет электродной проволоки, а также типа выполняемого соединения. Средние значения расхода CO_2 лежат в диапазоне 5...20 л/мин.

Так как рассчитанное значение сварочного тока составляет 170...200 А, то требуемый расход CO_2 будет составлять от 10 до 15 л/мин.

Скорость выполнения сварного шва

Сварщик в процессе своей работы сам регулирует скорость сварки, оценивая толщину металла и площадь поперечного сечения шва.

При этом необходимо учитывать, что чрезмерно высокая скорость сварки может привести к окислению электрода вследствие нарушения защиты зоны сварки CO_2 газом.

Расчёт скорости сварки осуществляется следующим образом:

$$V_{\text{н\acute{a}}} = \frac{a_i \cdot I_{\text{н\acute{a}}}}{100 \cdot F_{\text{a}} \cdot \rho}, \quad (2.4)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А·ч, $a_i = a_{\delta}(1 - \psi)$, где ψ - коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке с применяемым импульсным управлением дугой принимаем $\psi=0,05$);

$F_{\text{в}}$ – площадь поперечного сечения валика сварного шва, см² (в нашем случае 0,3 см²);

$$a_i = 13,6(1 - 0,05) = 13 \text{ г/А·ч}; \quad V_{\text{н\acute{a}}} = \frac{13 \cdot 185}{100 \cdot 0,3 \cdot 7,8} = 10 \text{ м/ч}.$$

Положение сопла относительно сварного шва

При необходимости выполнения шва из нижнего положения следует применять технику сварки "углом вперед", схематично показанную на рисунке 2.4 а.

Если длина сварного шва составляет больше метра, то следует шов необходимо варить обратноступенчатым методом.

При выполнении многослойной проходной полуавтоматической сварки необходима обеспечивать наличие поперечных колебаний проволоки для лучшего удаления шлака из объема сварочной ванны. Этого позволит повысить качество сварного шва.

При необходимости выполнения вертикальных швов при толщине металла больше 3 миллиметров рекомендуется применять сварку снизу-вверх схематично показанную на рисунке 2.4 б.

При необходимости выполнения горизонтальных швов сопло следует располагать по углом порядка 15-20 градусов ко шву, так как это показано на рисунке 2.4 в.

При выполнении потолочных швов сварку следует выполнять с положением электрода "углом назад".

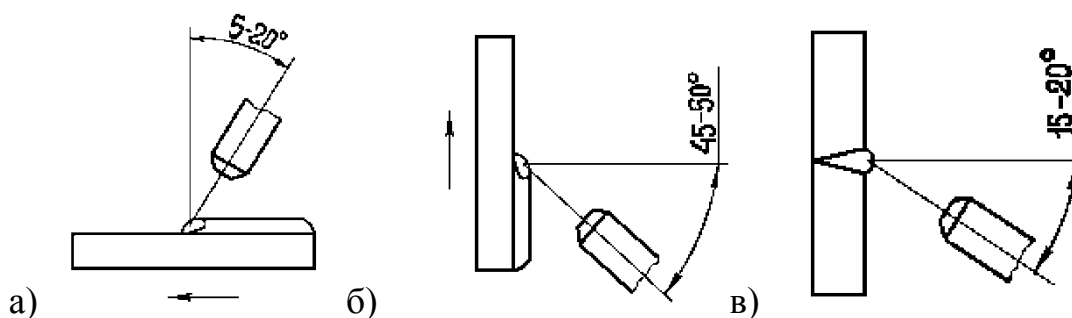


Рисунок 2.4 – Расположение сопла при выполнении шва в разных положениях

2.2.3 Мероприятия по подготовке участка трубопровода к ремонту

Перед началом ремонтных работ поверхность трубопровода необходимо подвергнуть механической очистке. Границы зачищенного участка должны выступать за границы предполагаемого места установки муфты на расстояние не менее 0,1 метра.

На расстоянии не менее 0,1 метра от границ предполагаемого места установки муфты не обходимо проверить металл трубопровода на наличие внутренних и поверхностных дефектов. Для это цели должен быть проведен контроль металла следующих видов:

- На поверхности основного металла трубопровода, очищенного механическим способом проводится визуальный осмотр, контроль геометрических размеров, а также контроль дефектов с помощью ультразвука.
- Заводские продольные швы трубопровода должны подвергаться визуальному осмотру, контролю геометрических размеров также контроль дефектов радиографическим методом или с помощью ультразвука.
- При наличие внутри зоны предполагаемой установки муфты кольцевых швов их необходимо подвергнуть контролю радиографическим методом или с помощью ультразвука.

Если в результате контроля дефектов в месте предполагаемого установки муфты были обнаружены недопустимые дефекты или толщина

стенки трубопровода не соответствует требуемым размерам, то место установки муфты следует изменить так, чтобы перекрыть эти дефекты полностью с заходом муфты не менее, чем на 0,15 метров в каждую из сторон.

Также при выборе расположения муфты необходимо удостовериться, чтобы будущие кольцевые швы муфты и кольцевые швы трубопровода находились со смещением не менее 0,15 метра.

При необходимости установки на одном участке трубопровода нескольких муфт необходимо убедиться, что расстояние между концами соседних муфт не менее 0,15 метра.

2.2.4 Фиксирование муфты на трубопроводе

Перед началом установки муфты на ремонтируемый участок трубопровода необходимо провести удаление усиления продольных заводских швов на всей длине установки муфты, с заходом на 0,15 метра от концов муфты. Усиление удаляется вровень с поверхностью трубы и с обеспечением шероховатости не хуже Rz30.

Для выполнения сборки муфты, колец и их надёжного позиционирования на трубопроводе необходимо использовать специальные приспособления, способные обеспечить требуемую величину обжатия и необходимые сварочные зазоры.

Количество требуемой оснастки для сборки муфт на трубопроводе зависит от ее длины.

На этапе сборки запрещено наносить удары тяжёлым инструментом по муфте и трубопроводу для обеспечения требуемого обжатия.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы предложено собственная конструкция сборочного приспособления

Нахлесточные и угловые соединения муфт должны быть позиционированы таким образом, чтобы обеспечивался одинаковый зазор по периметру трубопровода величиной ≤ 4 мм.

Допускается смещение продольных кромок муфт на величину не более 0,2 толщины стенки.

Не требуется дополнительной регулировки при смещении торцов двух полумуфт относительно друг друга на величину менее 5 миллиметров. При большем смещении торцов необходимо проводить регулировку смещения путем изменения зазоров продольных стыков соединения полумуфт.

2.2.5 Приспособление для осуществления ремонтных работ на трубопроводе

Существующие приспособления, предназначенные для монтажа муфт на ремонтируемом участке трубопровода, обладают следующими недостатками:

- Низкая равномерность приложения обжимающей нагрузки;
- Сложность контроля обжимающей нагрузки;
- Высокая трудоемкость монтажа приспособлений;
- Большие габаритные размеры и вес приспособлений.

Схема предложенного устройства представлена на рисунке 2.5. Корпус приспособления состоит из двух идентичных деталей 1, которые скрепляются друг с другом посредством шпилек 2. В полости между корпусом и муфтой 6 расположена камера 3 соединенная со штуцером 4.

Устройство работает следующим образом. На трубопровод 5 размещаются части полумуфт 6. После этого, по периметру полумуфт размещают части корпуса 1 приспособления. Корпус приспособления центрируют и затем закрепляют на трубопроводе с помощью шпилек 2. Штуцер 4 предназначен для нагнетания регулируемого давления в камеру

посредством жидкости или газа с помощью компрессорной насосной станции.

Регулировка обжимающей нагрузки производится с помощью контроля показаний манометра насосной станции.

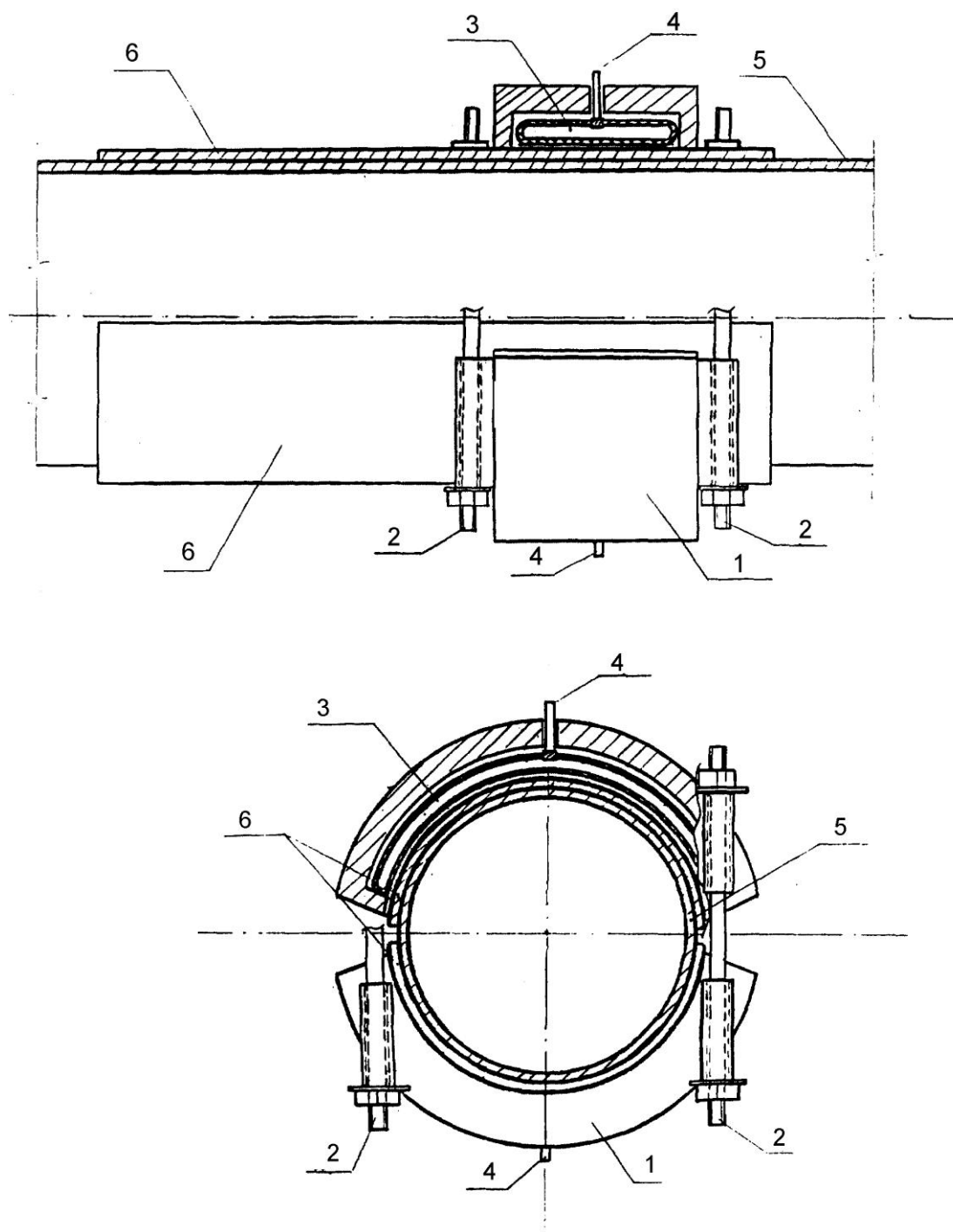


Рисунок 2.5 – Приспособление для осуществления ремонтных работ трубопровода с использованием муфты

Как только необходимое давление в камере будет достигнуто, за счет которого обеспечивает плотное прижатие частей муфт к ремонтируемому участку трубы, производят сварку стыков муфт путем выполнения продольных швов.

Затем производят снятие давления в камере, ослабление установочных болтов оснастку смещают вдоль трубопровода на следующий ремонтируемый участок. После чего, описанные выше шаги повторяют.

Преимуществами данного устройства является возможность обеспечения равномерного прилегания муфты к ремонтируемому участку трубопровода, а также возможность создания регулируемых напряжений в участке трубопровода под оснасткой.

2.2.6 Технология выполнения продольных швов муфты

Перед началом сварки необходимо провести обдув зоны сварки защитным газом, и только после этого переходить к возбуждению дуги. В процессе сварки необходимо контролировать расстояния от зоны сварки до сопла, которое должно быть не более 2,5 см.

При выполнении сварного шва необходимо стремиться избегать обрыва дуги. Если же обрыв все-таки произошел, то следует провести зачистку от загрязнений места сварки на расстоянии более 15 мм от точки обрыва дуги. После этого процесс возбуждения дуги следует начинать на выполненном шве, на расстоянии 10-15 мм от точки предыдущего обрыва дуги.

При завершении выполнения сварного шва дуга должна быть оборвана только после заварки кратера. Подачу углекислого газа следует прекращать только после потемнения металла в сварочной ванне.

После нанесения каждого слоя шва необходимо производить осмотр соединения с целью обнаружения дефектов. При обнаружении дефектов их следует устранить до начала наложения следующего слоя шва.

Необходимо обеспечить плавное соединение валиков последних слоев шва между собой и с поверхностью трубопровода.

Режимы сварки продольных швов муфты на токе обратной полярности представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Режимы сварки для нахлесточного соединения при ремонте трубопровода

Название параметра	Обозначение и единица измерения	Числовое значение
Диаметр электродной проволоки	d_{np} , мм	1,4
Ток сварки	$I_{св}$, А	170...200
Напряжение дуги	U_d , В	23...26
Скорость подачи проволоки	V_{np} , м/ч	210...220
Вылет электрода	$l_{эл}$, мм	8...15
Расход CO_2	q , л/мин	10...15
Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	10...12

При выполнении прихваток продольных швов для соединения частей муфты необходимо руководствоваться следующими принципами. Прихватки должны быть расположены равномерно вдоль всего шва, длина одной прихватки должна составлять от 30 до 50 миллиметров. При визуальном контроле прихваток необходимо удостоверяться, что выполнено сплавления кромок муфты друг с другом или обеспечено сплавление кромок с металлом трубопровода. Прихватки необходимо зачищать с применением механической обработки.

Если на прихватках при их визуальном осмотре обнаружены дефекты по типу свищей, шлаковых загрязнений или скоплений пор, то их необходимо зачистить с использованием шлифовального инструмента.

Если на прихватках обнаружены недопустимые дефекты по типу трещин, надрывов, то такие прихватки должны быть удалены полностью шлифовальной машиной и выполнены заново.

Сварку продольных швов муфты можно начинать только после выполнения прихваток.

Если муфта имеет длину больше 0,6 метра, то выполнение сварки должно вестись двумя рабочими одновременно. При этом сварка осуществляется с двух сторон в противоположенных направлениях, что схематично показано рисунке 2.6 а.

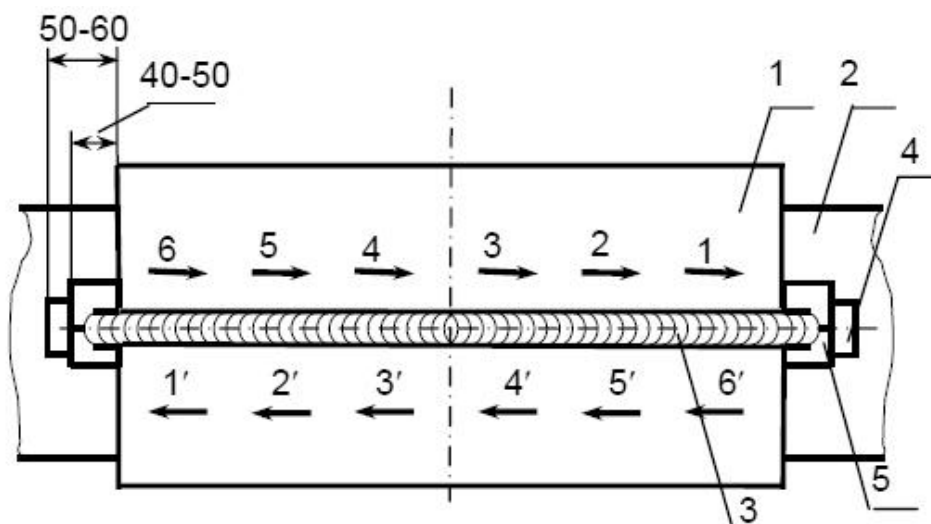
При выполнении сварки корневого и двух последующих слоев необходимо использовать обратноступенчатый способ по центру шва. При этом необходимо соблюдать правило смещения точек начала и окончания сварки на расстояние 2,5-3,0 см друг от друга.

Оснастка для удержания частей муфт на трубопроводе может быть снята только после выполнения 60% от суммарной длины корневого шва.

При выполнении заполняющих слоев, а также облицовочного слоя необходимо использовать технику непрерывной сварки с параллельным наложением валиков с началом и окончанием слоев на технологических планках.

Схема наложения слоев при выполнения сварного шва муфты представлена на рисунке 2.7.

Кольцевые нахлесточные и угловые швы применяются для соединения муфты с участком трубопровода, подлежащего ремонту. При выполнении сварки данных соединений должна применяться техника многослойного наложения швов.



1,2,3,4,5,6 – направление сварки слоев при ведении сварки справа налево
первого продольного стыкового соединения;

1',2',3',4',5',6' – тоже, при ведении сварки слева направо второго продольного
стыкового соединения

Рисунок 2.6 – Алгоритм сварки корневого, первых двух заполняющих слоев
продольных швов муфт выполняемых при использовании двух сварщиков

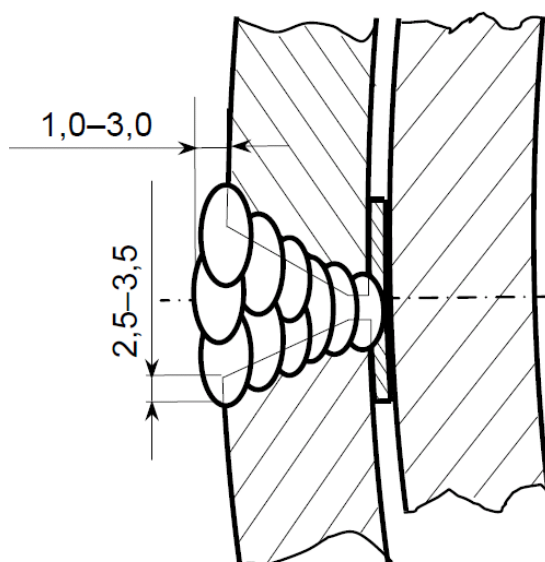


Рисунок 2.7 – Продольные швы муфт и колец – схема слоев

2.2.7 Технология выполнения кольцевых швов муфты

До выполнения сварки допускается наложение прихваток, предназначенных для фиксации параметров сборки муфты и трубопровода. При выполнении прихваток необходимо руководствоваться следующими принципами. Прихватки должны быть равномерно распределены по всему периметру трубы, при этом их количество должно составлять от 3 до 4. Длина одной прихватки должна состоять от 3 до 4 см. Запрещено выполнение прихваток в местах пересечения с продольным швом.

Сварка угловых нахлестанных соединений муфты с трубопроводом схематично показана на рисунке 2.8.

Опишем последовательность наложения слоев при сварке данных швов.

Сначала производят наложение 3-4 валиков по всему периметру на поверхность трубопровода. Эти валики должны наноситься ниточными швами до 1,4 диаметра электродной проволоки. Данные валики должны перекрываться друг другом на ширину 1,5-2,0 миллиметра. Необходимо контролировать глубину проплавления металла трубопровода, чтобы она была не более 2,5 миллиметра. Ширина каждого валика должна составлять не менее 1,4 толщины стенки трубы.

Затем, если необходимый для сварки корневого слоя шва зазор не достигнут, то осуществляется наплавки следующего слоя валиков с такими же параметрами.

После осуществляется сварка корневого слоя, заполняющих слоев и, затем, облицовочных слоев.

При этом необходимо соблюдать правило смещения точек начала и окончания сварки на расстояние 2,5-3,0 см друг от друга.

Все используемое для сварки оборудование должно быть настроено и укомплектовано в соответствии с документацией, предоставляемой заводом-изготовителем.

К качеству питающей сети предъявляются следующие требования – колебание напряжения питающей сети не должно превышать 5% от номинального значения.

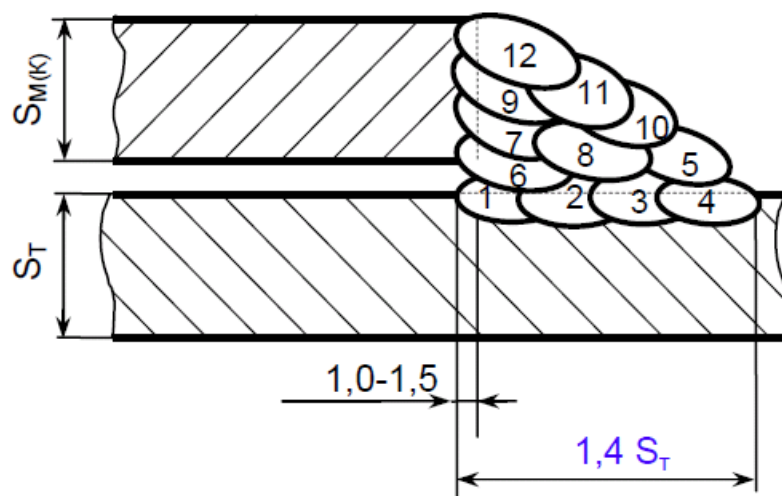


Рисунок 2.8 – Алгоритм наложения слоев при сварке кольцевых швов муфты

Если в результате осмотра коневого слоя шва были обнаружены дефекты по типу кратеров и скоплений пор, то их следует устранять. При выполнении облицовочного слоя все видимые дефекты должны быть также устранены.

При выполнении продольных швов запрещено делать перерывы в работе.

После окончания сварки продольных швов для снижения скорости их охлаждения они должны быть накрыты теплоизоляцией, выполненной из негорючего материала.

При выполнении сварки предложено использовать источник питания ВС-300, представленный на рисунке 2.9. Подачу сварочной проволоки можно осуществлять с помощью ПДГ-421, показанного на рисунке 2.10.

Диагностики качества сварных швов можно осуществлять с системы рентгеновского контроля, представленной на рисунке 2.11.



Рисунок 2.9 – Сварочный источник питания BC-300



Рисунок 2.10 –Механизм для подачи ПДГ-421



Рисунок 2.11 – Установка «Арина-5», предназначенная для рентгеновского контроля

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики 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 [15, 16, 17]. 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 [18, 19, 20, 21].

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Одним из основных вредных производственных факторов в сварочном производстве является загрязнение воздуха рабочей зоны токсичными веществами в виде сварочных аэрозолей, образующихся при электродуговом

процессе. Защита сварщиков и производственной среды от действия сварочных аэрозолей осуществляется посредством различных систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимой концентрации. Для выбора необходимой системы вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных условиях вентилирования.

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	Вода техническая, круг абразивный
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Наружный центратор	Воздух сжатый
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Индукционный подогреватель	-
4. Осуществление сварки стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный источник питания, наружный центратор, полуавтомат сварочный	Сварочная проволока, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	Шлифмашинка, молоток, зубило	Круг абразивный
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля	Радиографическая плёнка

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	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	- 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	- 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	- 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 УФ волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение зачистки сварного шва	острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	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	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение 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 инфракрасной и УФ радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	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	Перечень стационарных	Пожарная автоматика для	Перечень пожарного	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при пожаре	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 факте возникновения пожара

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 трубопровода	Установка индукционного нагрева, сварочный источник питания	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 ток 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 соединений	Подготовка стыка, сборка под сварку, сварка, контроль качества	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 ремонтной сварки на технологических трубопроводах колонн синтеза аммиака. Выполнение операций базовой технологии сварки предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену РДС на механизированную 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 условный дефект трубопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Баз.	Проектн
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
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	100	100

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
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
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	50000	250000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	4	8
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	3	1
25	Стоимость сварочных материалов: электроды и электродная проволока	Цэл	руб/кг	300	200
26	Стоимость углекислого газа	ЦCO2	Руб/л	-	12

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

$D_{П}$ – общее количество предпраздничных дней;

$T_{П}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_{Э} = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4114 \text{ ч.}$$

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:

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

где $t_{ШТ}$ – 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:

$$t_{\text{шт.баз}} = 3 + 0,3 + 0,15 + 0,15 + 0,03 = 3,63 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 1 + 0,1 + 0,05 + 0,05 + 0,01 = 1,21 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/3,63 = 565 \text{ дефектов в год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/1,21 = 1697 \text{ дефектов в год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 500$ дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

$П_{\Gamma}$ – принятое значение годовой программы;

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

Квн – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{3,63 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,86$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{1,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,29$$

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:

$$Кз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{ПР}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$Кзб = 0,86/1 = 0,86$$

$$Кзп = 0,29/1 = 0,29$$

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:

$$М = Ц_{м} \cdot Н_{р} \cdot К_{т-з}, \quad (4.7)$$

где $Ц_{м}$ – стоимость сварочных материалов;

$К_{т-з}$ – 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.

$$M_{\text{баз.}} = 300 \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 157,6 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 0,4 + 10 \cdot 12) \cdot 1,05 = 210 \text{ рублей}$$

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

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

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:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 3,63 \cdot 100 \cdot 1,88 = 682,44 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 1,21 \cdot 100 \cdot 1,88 = 227,48 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

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

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 682,44 \cdot 12/100 = 81,89 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 227,48 \cdot 12/100 = 27,30 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{баз.}} = 682,44 + 81,89 = 764,33 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 227,48 + 27,30 = 245,78 \text{ рублей.}$$

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

$$Осн = \PhiЗП \cdot Ксн / 100, \quad (4.10)$$

где Ксн – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$Осс_{\text{баз.}} = 764,33 \cdot 34/100 = 259,87 \text{ руб.}$$

$$Осс_{\text{проектн.}} = 245,78 \cdot 34/100 = 86,63 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{об}} = А_{\text{об}} + Р_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

$На$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{50000 \cdot 21,5 \cdot 3,63}{2054 \cdot 100} = 19,00$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{250000 \cdot 21,5 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 31,66$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-э}б} = \frac{4 \cdot 3,63 \cdot 1,75}{0,7} = 36,3$$

$$P_{\text{э-э}np} = \frac{8 \cdot 1,21 \cdot 1,75}{0,85} = 19,93$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 19,00 + 36,30 = 55,30 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 31,66 + 19,93 = 51,59 \text{ руб.}$$

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:

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 3,63}{2054} = 70,69$$

$$P_{ПЛБ} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,21}{2054} = 23,56$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{ПЛ} = \frac{Ц_{ПЛ} \cdot На_{ПЛ} \cdot S \cdot t_{шт.}}{F_3 \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $На_{ПЛ}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{ПЛ}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{ПЛБ} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 3,63}{2054 \cdot 100} = 5,30$$

$$A_{ПЛПр} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,21}{2054 \cdot 100} = 1,77$$

$$З_{ПЛБаз.} = 70,69 + 5,3 = 75,99 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПроектн.} = 23,56 + 1,77 = 25,33 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = \PhiЗП + Осс + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 157,6 + 764,33 + 259,87 + 55,30 + 75,99 = 1313,09 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 210 + 245,78 + 86,63 + 51,59 + 25,33 = 918,71 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 1313,09 + 1,5 \cdot 682,44 = 1313,09 + 1023,66 = 2336,75 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 619,33 + 1,5 \cdot 227,48 = 619,33 + 341,22 = 960,55 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2336,75 + 1,15 \cdot 682,44 = 2336,75 + 784,81 = 3121,56 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 960,55 + 1,15 \cdot 227,48 = 960,55 + 261,60 = 1222,15 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	157,6	210
2	Фонд заработной платы	ФЗП	764,33	245,78
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	259,87	86,63
4	Затраты на оборудование	Зоб	55,30	51,59
5	Расходы на площади	Зпл	75,99	25,33
	Себестоимость технологич.	Стех	1313,09	619,33
6	Расходы цеховые	Рцех	1023,66	341,22
	Себестоимость цеховая	Сцех	2336,75	960,55
7	Расходы заводские	Рзав	784,81	261,60
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	3121,56	1222,15

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:

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

где $K_З$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$\Pi_{\text{ОБ.Б.}}$ – 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.

$$\Pi_{\text{ОБ.Б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

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

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

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

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

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 50000 - (50000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 32250 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 32250 \cdot 0,86 = 27735 \text{ рублей}$$

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

$$, K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

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

$K_{\text{ПЛ}}$ – 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);

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

$$K_{\text{ОБПроектно}} = \Pi_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,29 = 76125 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 19212 \cdot 0,05 = 960 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} 1613 + 12500 = 14113 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 76125 + 14113 = 90238 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 90238 - 27735 = 62503 \text{ руб.}$$

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:

$K_{удБаз.} = 27735/500 = 55,47$ руб. на дефект.

$K_{удПроектн.} = 90238/500 = 180,48$ руб. на дефект.

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{шт} = \frac{3,63 - 1,21}{3,63} \cdot 100\% = 67\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_T = \frac{100 \cdot 67}{100 - 67} = 203\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техБ} - C_{техПР}}{C_{техБ}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{тех} = \frac{1313,09 - 619,33}{1313,09} \cdot 100\% = 53\%$$

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

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (C_{завБ} - C_{завПР}) \cdot Пг \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (3121,56 - 1222,15) \cdot 500 = 949705 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{y.g.}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{ок} = \frac{62503}{94970} = 0,7$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{y.g.} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_г = 949705 - 0,33 \cdot 62503 = 929079 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение 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 67 %, увеличение производительности труда на 203 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 53 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 0,95 млн. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 0,93 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,7 года. На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выполнения выпускной квалификационной работы являлось повышение производительности и качества ремонтной сварки технологического трубопровода колонны синтеза аммиака.

В ходе реализации выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

1) Проведен анализ существующей технологии сборки заготовок их сварка при ремонте трубопроводов, выявлены ее недостатки и определены возможные пути их преодоления.

2) В качестве основного типа сварки для осуществления ремонтных работ на трубопроводе предложено использовать механизированную сварку под защитой CO_2 .

3) Спроектирован и описан технологический процесс ремонтной сварки трубопровода аммиачной колонны.

4) Рассчитан экономический эффект от внедрения результатов выпускной квалификационной работы. Годовой полезный эффект составляет 930 тыс. рублей. Для внедрения требуется затраты в 62 тыс. рублей.

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки на технологических трубопроводах колонн синтеза аммиака. В проектом варианте технологии предложено произвести замену РДС на механизированную 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.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что поставленная в рамках выпускной квалификационной работы цель успешно достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
3. Земзин, В.Н. Жаропрочность сварных соединений. Л.: Машиностроение, 1972. – 272 с.
4. Лозинский М.Г. Романов А.Н., Малов В.В. Исследование структуры аустенитной стали при различных формах цикла упруго-пластического высокотемпературного деформирования // В кн.: Структурные факторы малоциклового разрушения металлов. М.: Наука, 1977. С.65-86.
5. Гриб В.В., Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств, Москва - 2002.
6. Давыдова, Д.Г. Дефекты технологических трубопроводов: типология, оценка влияния на эксплуатацию // Промбезопасность-Приуралье. – 2012. – № 8
7. ГОСТ 9941-81 Бесшовные холодно- и теплодеформированные трубы из коррозионно-стойкой стали общего назначения
8. ГОСТ 6032-2003 Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии
9. ГОСТ 26389-84 Соединения сварные. Методы испытаний на сопротивляемость образованию горячих трещин при сварке плавлением
10. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский // М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

11. А.с. № 522014 СССР, МПК В23 К9/16. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Д.И. Долгун; Заявл. 03.01.1974; Оpubл. 25.07.1976, Бюл. № 27.
12. А.с. № 521089 СССР, МПК В23 К9/16. Способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом / А.И. Зайцев, А.Ф. Князьков, Р.И. Дедюх, Е.В. Щепкин; Заявл. 11.01.1973; Оpubл. 15.07.1976, Бюл. № 26.
13. СТО-СА-03-005-2010. Руководство по ремонту технологических трубопроводов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий с давлением до 10 МПа (100 кгс/см²)
14. Патент РФ № 2140600. Устройство для ремонта трубопроводов с помощью муфты
15. 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.
16. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в СО₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
17. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
18. 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.
19. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

20. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
21. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
22. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др.; Под. Общ. ред. К.М. Великанова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение отделение, 1996 – 285 с.
23. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
24. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.