

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология сварки трубопровода  
колонны синтеза гексанона

Студент

О.Н. Лутов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## Аннотация

При выполнении операций контроля и исправления дефектов трубопроводов значительное распространение получила ручная дуговая сварка штучными электродами. Технология ремонтной сварки предусматривает установку и приварку ремонтных муфт.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов на установках по производству гексанона.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обосновать выбор способа сварки;
- повысить эффективность способа ремонтной сварки;
- разработать технологический процесс ремонтной сварки.

Анализ возможных способов ремонтной сварки трубопровода позволил обосновать выбор механизированной сварки как основного способа при построении проектной технологии. Была составлена проектная технология ремонтной сварки технологического трубопровода, назначены параметры и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,93 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,7 года.

## Содержание

Введение . . . . .	5
1 Современное состояние ремонтной сварки технологических трубопроводов на химических установках . . . . .	7
1.1 Описание химической установки и технологического трубопровода. . . . .	7
1.2 Сведения о материале трубопровода. . . . .	11
1.3 Характеристика дефектов технологических трубопроводов . . . . .	14
1.4 Особенности базовой технологии ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки . . . . .	17
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы . . . . .	23
2 Проектная технология ремонтной сварки технологического трубопровода. . . . .	24
2.1 Обоснование выбора способа сварки. . . . .	24
2.2 Приспособление для сборки полумуфт под сварку. . . . .	28
2.3 Операции технологического процесса ремонтной сварки технологического трубопровод. . . . .	30
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса . . . . .	34
3.1 Технологическая характеристика объекта . . . . .	34
3.2 Идентификация профессиональных рисков . . . . .	35
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков . . . . .	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности . . . . .	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности . . . . .	40
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии. . . . .	42
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений . . . . .	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования . . . . .	44

4.3 Расчет штучного времени . . . . .	45
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии . . . . .	47
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии. . . . .	51
4.6 Показатели экономической эффективности. . . . .	54
Заключение . . . . .	57
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	58

## Введение

Поддержание работоспособности технологических установок, задействованных в химической промышленности, требует постоянного контроля и исправления дефектов технологических трубопроводов.

При выполнении операций контроля и исправления дефектов трубопроводов значительное распространение получила ручная дуговая сварка штучными электродами. Технология ремонтной сварки предусматривает установку и приварку ремонтных муфт.

Применение ручной дуговой сварки обусловлено высокой универсальностью и мобильностью этого способа, который не требует для своего внедрения значительной подготовки производства. Недостатками ручной дуговой сварки является низкая производительность процесса, тяжёлые условия труда сварщика, связанные с вредными производственными факторами, сопровождающими применение ручной дуговой сварки. Также следует отметить малую стабильность качества дуговой сварки, которая значительно зависит от квалификации самого сварщика. Значительные потери электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки повышает стоимость применения ручной дуговой сварки.

В связи с этим следует отметить общемировую тенденцию к снижению роли ручной дуговой сварки как технологического процесса соединения металлов в пользу механизированных и автоматических способов сварки. Это отражается и на рынке сварочных материалов и источников питания, где всё большие объёмы начинают занимать именно сварочные проволоки, защитные газы и источники питания а адаптацией под сварку с применением проволоки [14], [10], [18]. Исследования в области повышения эффективности сварки и наплавки в защитных газах ведутся в направлении разработки компьютеризированных электроприводов подачи проволоки. Вторым направлением исследований является управление горением дуги и

переносом электродного металла. В качестве третьего направления можно выделить разработку новых наплавочных материалов.

Достижения в области управления сварочной дугой и переносом электродного металла позволяют при механизированной сварке достигать качества сварных швов, соизмеримого со сваркой неплавящимся электродом.

Работы по повышению эффективности ремонтной сварки технологических трубопроводов должны основываться на современных достижениях в области организации сварочного производства и построении технологических процессов [2], [4], [11], [12], [13].

В настоящее время на мировом рынке представлены разработки ведущих производителей сварочного оборудования, которые позволили существенно продвинуться в области обеспечения качества механизированной сварки. В первую очередь за счёт глубокой модернизации источников питания и введения новых принципов управления сварочной дугой и переносом электродного металла. Также значительная работа проведена для усовершенствования механизма подачи сварочной проволоки, внедрена импульсная подача проволоки. Разработка новых газовых смесей позволила повысить производительность и качество выполняемых соединений [15], [21], [22], [23].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что технология ремонтной сварки технологических трубопроводов обладает значительными резервами по повышению производительности и стабильности качества, если применить современные достижения в области управления сварочными процессами и обеспечения качества сварки.

В связи с этим актуальной следует признать цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов на установках по производству гексанона.

# **1 Современное состояние ремонтной сварки технологических трубопроводов на химических установках**

## **1.1 Описание химической установки и технологического трубопровода**

Установка для производства гексанона, представленная на рисунке 1, представляет собой сложный химический агрегат, который включает в себя «фундамент колонны 1, подогреватель смеси 2, этажерку 3 с технологическими площадками, ректификационную колонну 4, дефлегматор 5, устройство разделительное 6, холодильник дистиллята 7, кипятильник 8, холодильник кубового остатка 9. Избыточное давление в колонне составляет 0,1 МПа (1 атмосфера), температура верха колонны – 66,7 °С, давление греющего пара – 0,5 МПа (5 атмосфер). Технологический трубопровод установки выполнен из труб (ГОСТ 9941-81) диаметрами 150 и 90 мм с толщиной стенки 7 мм. Температура передаваемой газовой смеси – до 330 °С, избыточное давление – до 1,6 МПа (16 атмосфер)» [20].

В настоящий момент не представляется возможным изыскание резервов для замены устаревающего и выходящего из строя химического оборудования. Аварийный же выход из строя установки может привести к возникновению чрезвычайных происшествий значительных масштабов. В связи с этим на предприятии проходит глубокая модернизация систем автоматики и обеспечения безопасности работы на химических установках. Проводится ремонтная сварка дефектных участков технологических трубопроводов .

Надёжность технологического трубопровода во многом определяет надёжность работы всей установки. Длительная эксплуатация приводит к проявлению в трубопроводах многочисленных дефектов.

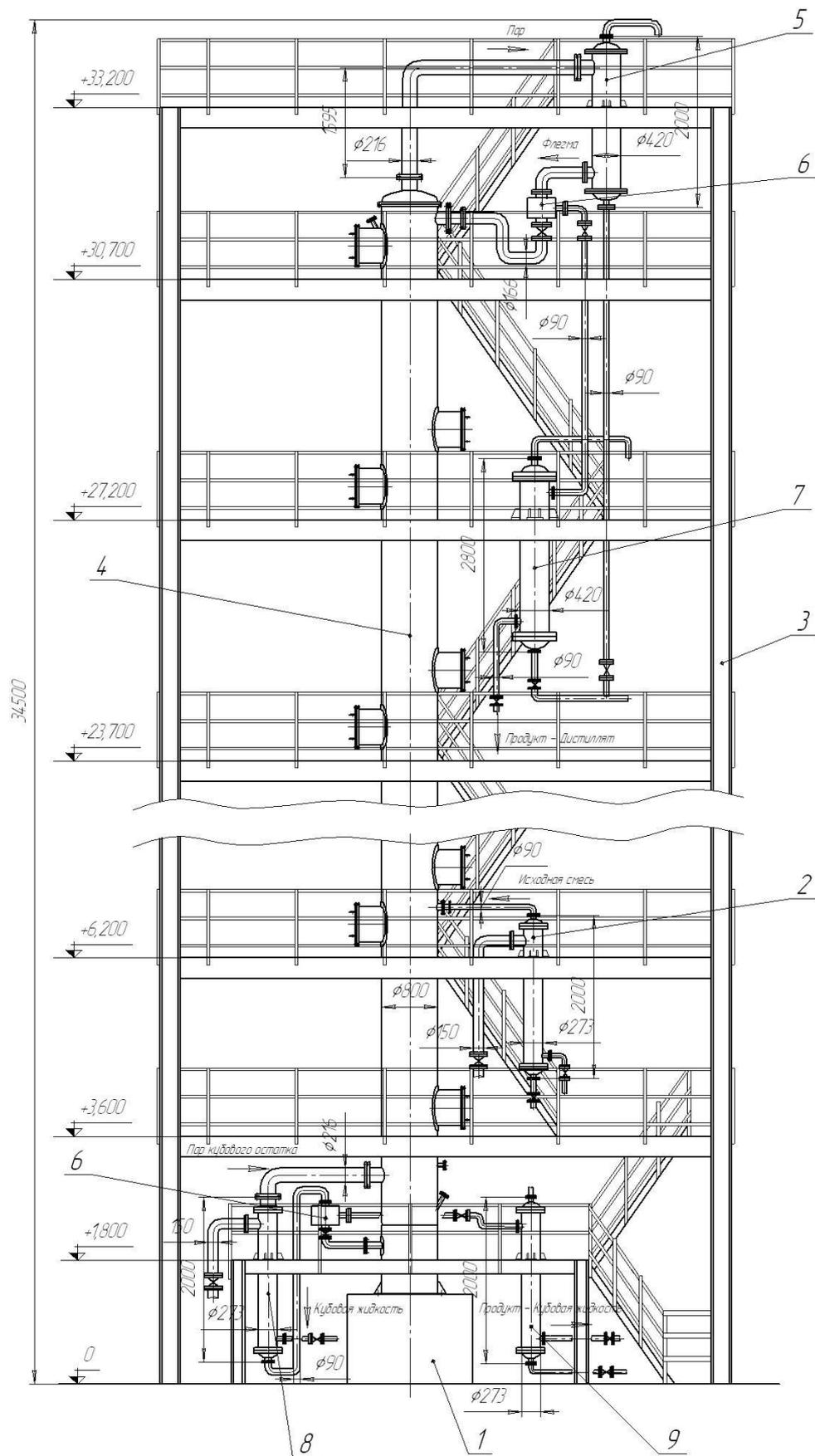


Рисунок 1 – Колонна производства гексанона

Дефекты трубопроводов могут образовываться в ходе его эксплуатации (старение трубопровода, коррозионные язвы, ударное повреждение трубопровода, воздействие знакопеременных нагрузок) а также быть следствием развития дефектов, которые были заложены в конструкцию ранее (неправильные проектные решения, дефекты сварки, заводской брак труб).

Возникающие дефекты ослабляют несущую способность трубопровода. Авария с разрушением целостности стенки трубопровода – довольно редкое явление. Однако, если она всё же произошла, последствия могут быть значительными, наносится ущерб репутации предприятия, экологии региона. Возникают сопутствующие финансовые затраты, многократно превышающие затраты на проведение планового и предупредительного ремонта трубопровода.

Ремонт трубопровода предусматривает применение приварных заплат и муфт, которые устанавливаются на дефектное место и призваны усилить ослабленный участок трубы, как показано на рисунке 2. Усилительные элементы привариваются угловыми сварными швами, как показано на рисунке 3.

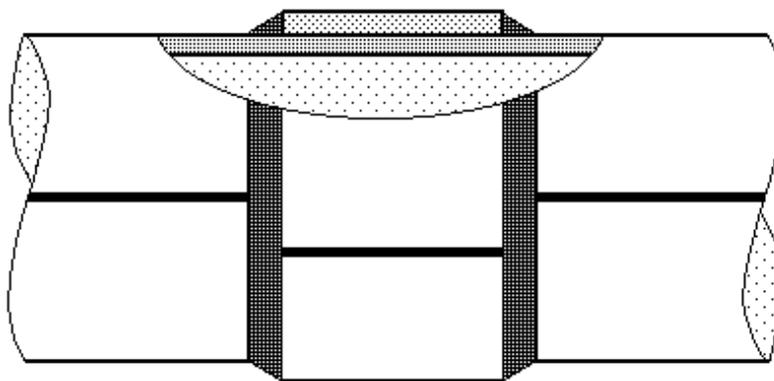


Рисунок 2 – Установка ремонтной муфты на участок трубы

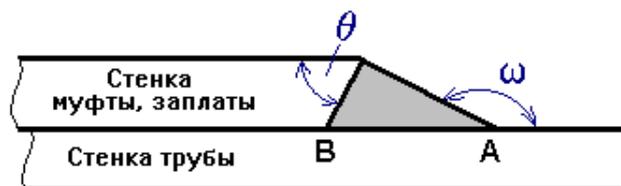


Рисунок 3 – Форма сварного шва при установке ремонтной муфты

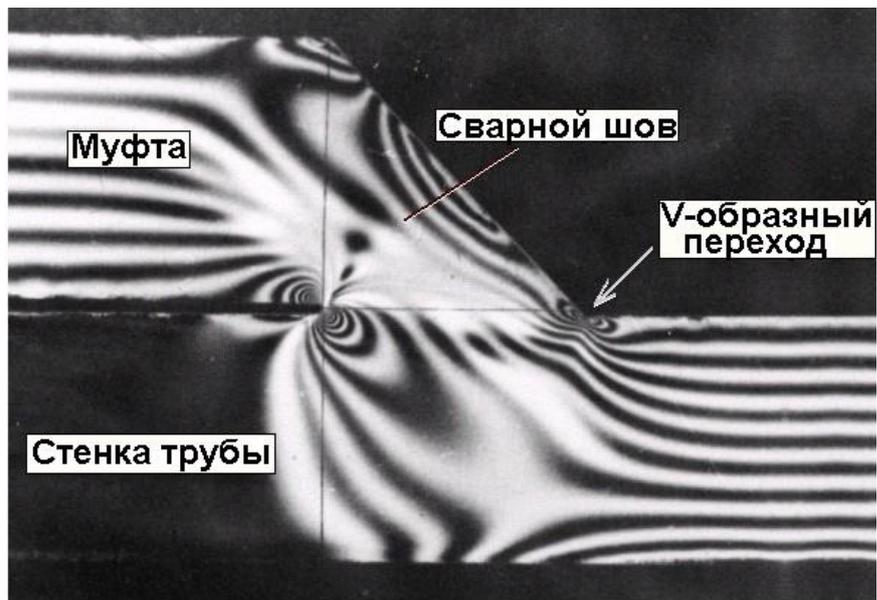


Рисунок 4 – Возникновение остаточных напряжений в месте концентрации при приварке усилительного элемента к трубе



Рисунок 5 – Разрушение соединения в месте концентрации напряжения

При этом возникает концентратор напряжения в зоне перехода от поверхности трубы к угловому шву, как показано на рисунке 4, который вызывает разрушение соединения согласно рисунка 5.

## 1.2 Сведения о материале трубопровода

Технологический трубопровод выполнен из стали 12X18H10T, относящейся к коррозионностойким жаропрочным сталям. Эта сталь применяется для изготовления конструкций, которые работают в условиях действия агрессивных сред и повышенных температур: печная арматура, теплообменники, трубы. Температура, при которой возможна эксплуатация конструкций из стали 12X18H10T, составляет -196...+600 °С. Содержание химических элементов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 08X18H10T

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	остальное

Содержание хрома в стали составляет 17...19 %, что позволяет обеспечить высокую коррозионную стойкость металла за счёт пассивации его поверхности.

Содержание в стали никеля 9...11 % переводит сталь в аустенитный класс, что обеспечивает сочетание высоких эксплуатационных характеристик стали и технологичность её обработки.

Содержание углерода 0,08...0,12 % стабилизирует аустенит в структуре стали, при нагреве до 700 °С сталь имеет полностью аустенитную структуру.

Характер легирования стали 12X18H10T определяет особенности её сварки при выполнении ответственных конструкций [3], [18], [19]:

- эксплуатация сварной конструкции сопряжена с высоким риском развития межкристаллитной коррозии, представленных на рисунке 6;

- металл сварного шва имеет чисто аустенитную структуру, что существенно повышает опасность возникновения горячих трещин при сварке стали 12X18H10T, как показано на рисунке 7;

- длительная эксплуатация конструкций из стали 12X18H10T при повышенных температурах может вызывать их охрупчивание, которое будет проявляться в снижении пластических свойств сварного шва;

- сталь 12X18H10T имеет низкую теплопроводность и высокий коэффициент термического расширения, поэтому сварка конструкций из этой стали сопровождается короблением, величина которого превышает коробление при сварке углеродистых сталей;

- так как сварка конструкций из стали 12X18H10T сопровождается значительными остаточными деформациями, то делается необходимым выполнение прихваток, длина и количество которых больше, чем при сварке углеродистых сталей;

- поскольку ферритная структура приводит к снижению пластичности металла шва, при сварке стали 12X18H10T следует стремиться к получению аустенитной структуры;

- при сварке стали 12X18H10T следует особо тщательно выбирать сварочные материалы: для ручной дуговой сварки – электроды НЖ-13, НИАТ-1 или ЭА-400/10У; для сварки под флюсом – проволока Св-04Х19Н11;

- перегрев в процессе термического цикла при сварке может усилить в последствии процессы межкристаллитной коррозии. Поэтому при сварке стали 12X18H10T следует правильно назначать и строго соблюдать параметры режима. При выполнении многопроходных слоёв следующий проход следует выполнять после остывания предыдущего валика. В противном случае происходит диффундирование углерода из основного металла к поверхности, его реакция с хромом и обеднение поверхности сварного шва хромом.

- при сварке стали 12X18H10T следует строго соблюдать технику сварки. Длинная дуга приводит к выгоранию легирующих элементов.

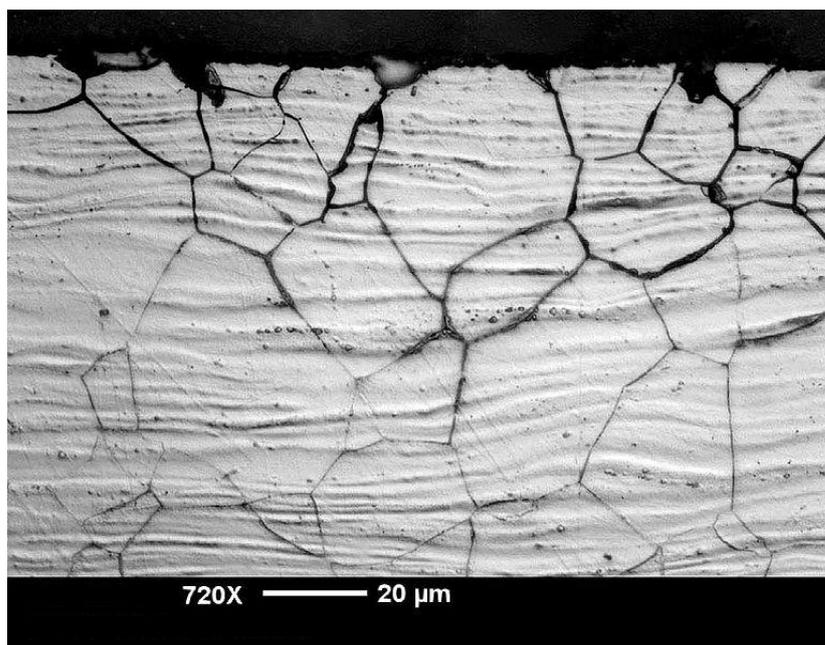


Рисунок 6 – Межкристаллитная коррозия стали 12X18H10T

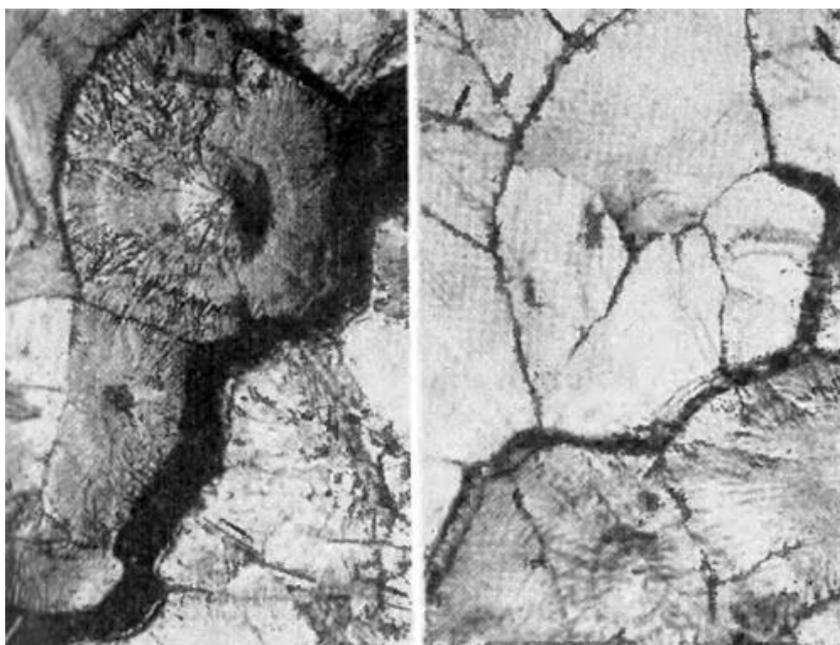


Рисунок 7 – Горячие трещины в металле сварного шва (снимки с поверхности),  $\times 100$

Таким образом, сварку конструкций из стали 12X18H10T следует вести с минимальной длиной дуги, сварной шов накладывать узкими валиками, при этом необходимо обеспечивать остывание каждого валика перед сваркой следующего валика.

### 1.3 Характеристика дефектов технологических трубопроводов

Своевременное обнаружение дефектов трубопроводов происходит в результате проведения периодических ревизий, которые выполняются службой технического надзора. По результатам проведённой ревизии трубопровода и оценке его состояния и принимается решение о возможности дальнейшей эксплуатации трубопровода.

Особое внимание уделяют тем участкам трубопровода, работа которых происходит в тяжёлых условиях (вибрация, коррозия, динамические и ударные нагрузки), поэтому их эксплуатация может привести к максимально большому количеству образования и скорости развития дефектов. Такими опасными участками являются: участки труб перед установленной арматурой и после установленной арматуры, места изгиба и тройниковые соединения, места сужения трубопровода, врезки, прямые участки междуховых трубопроводов.

В ходе ревизии трубопровода выполняют следующие действия.

Во-первых, проводят внешний осмотр трубопровода, выявляя наблюдаемые дефекты (след коррозии, трещины, общее состояние стенки).

Во-вторых, выполняют оценку толщины стенки трубопровода при помощи ультразвукового и радиографического метода. Применять засверловку с последующей заваркой отверстия запрещается.

В-третьих, если по результатам оценки толщины стенки трубопровода возникли сомнения в состоянии его внутренней поверхности, выполняют демонтаж части трубопровода, очистку его внутренней поверхности и оценку состояния внутренней поверхности трубопровода.

В-четвёртых, проводят ультразвуковую или радиографическую оценку состояния сварных стыков трубопроводов.

По результатам анализа оценки состояния основного металла трубы, представленными на рисунке 8, можно заключить, что большую часть дефектов составляют появившиеся в процессе эксплуатации трубопровода

вмятины и гофры. На втором месте по распространённости находятся коррозионные поражения трубы, являющиеся результатом действия агрессивных сред. «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 всех стадиях жизненного цикла продукции: при плавлении металла и получении отливок (неметаллические и шлаковые включения, усадочные раковины, газовая пористость и т.д.), при обработке давлением (расслоения, закаты и т.д.), в результате термической, химико-термической, электрохимической и механической обработки (трещины, прожоги, обезуглероживание и т.д.), в процессе соединения металлов — при сварке, пайке, склёпывании и т.д. (непровар, трещины, коррозия и т.д.). Кроме того, 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. Среди дефектов металла деталей технологических трубопроводов 51% занимают вмятины и гофры, имеющие, главным образом эксплуатационный характер происхождения. При этом, учитывая агрессивность рабочих сред, коррозионные повреждения составляют 22% от общего числа повреждений» [6].

В случае неправильного выполнения сварочных процессов при строительстве трубопроводов возникают различные дефекты (подповерхностные дефекты, трещины, непровары, поры, раковины, свищи, подрезы и т.д.), которые в процессе работы трубопровода могут получить дальнейшее развитие и проявить себя, как показано на рисунке 9.

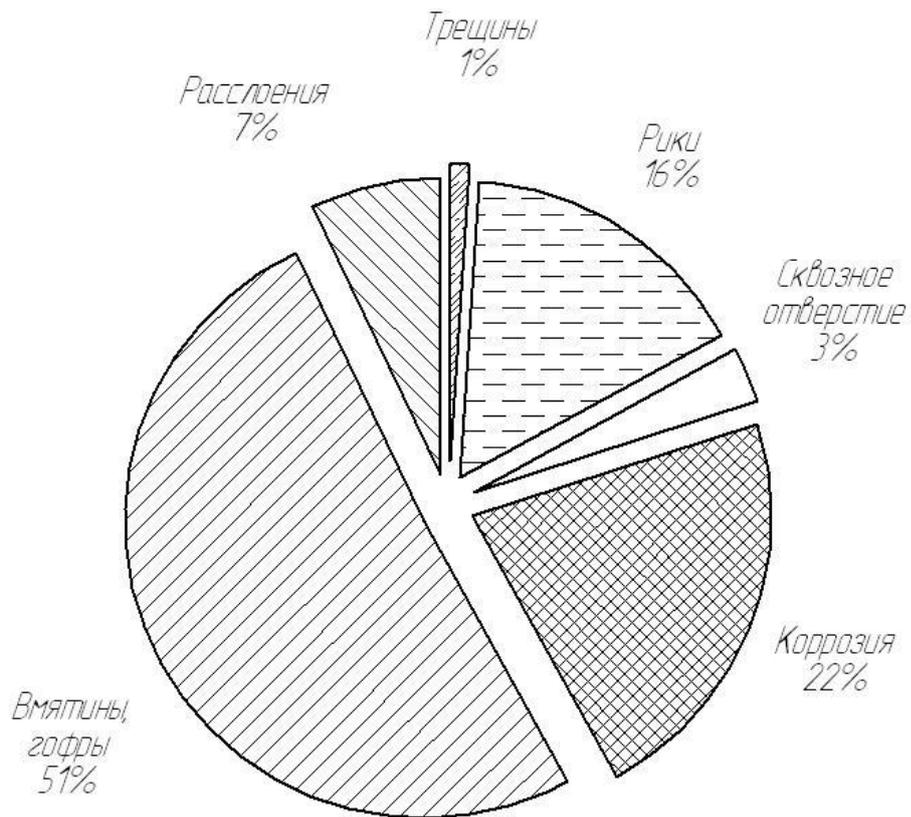


Рисунок 8 – Дефекты основного металла трубопроводов

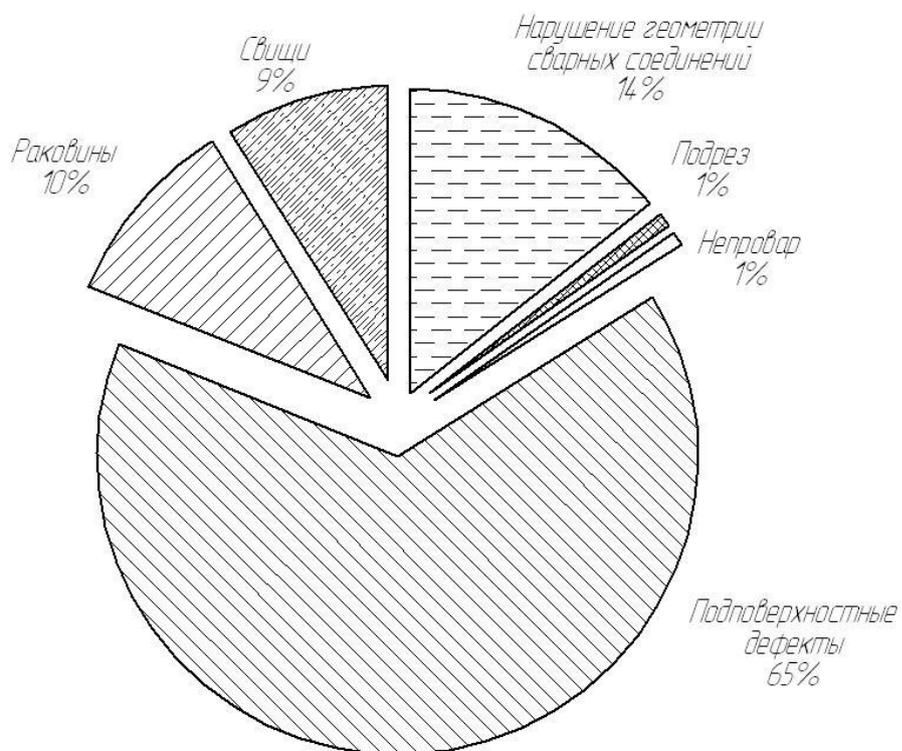


Рисунок 9 – Выявленные при проверке технологических трубопроводов дефекты сварных соединений

Дефекты сварных швов в процессе работы трубопровода становятся катализаторами для последующего разрушения металла трубы. Самая большая доля среди дефектов сварных швов приходится на подповерхностные дефекты, что связано с трудностью их обнаружения при контроле качества сварных швов [18].

#### 1.4 Особенности базовой технологии ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки

При подготовке кромок применяется ремонтной муфты применяется V-образная разделка, как показано на рисунке 10. При этом может применяться как симметричная, как на рисунке 10-а, так и несимметричная, как на рисунке 10-б, разделка. В первом случае угол скоса кромок составляет  $30^\circ$ , во втором случае угол скоса кромок составляет  $10^\circ$  и  $30^\circ$ . Притупление кромок составляет в обоих случаях составляет 1,8 мм.

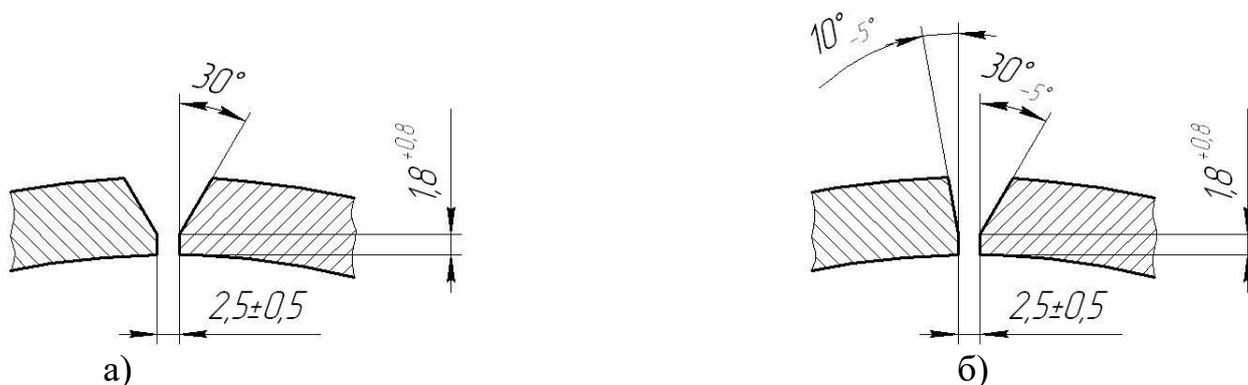


Рисунок 10 – V-образная разделка кромок продольных стыков ремонтной муфты

При ремонтной сварке трубопроводов используются муфты трёх типов.

Муфты первого типа, представленные на рисунке 11, применяется при ремонте несквозных дефектов (дефекты сварного шва, коррозионные поражения стенки). При ремонте муфтами первого типа выполняют:

установку полуобечаек муфты на трубу, сварку между собой полуобечаек муфты и приварку муфты к стенке трубопровода.

Муфты второго типа, представленные на рисунке 12, применяются при ремонте дефектов сварных кольцевых швов. Приварная муфта второго типа состоит из двух полуобечаек, которые имеют галтель (кольцевую полость). При ремонте муфтами второго типа выполняют: установку полуобечаек муфты на дефектный кольцевой шов, сварку между собой полуобечаек муфты и приварку муфты к стенке трубопровода.

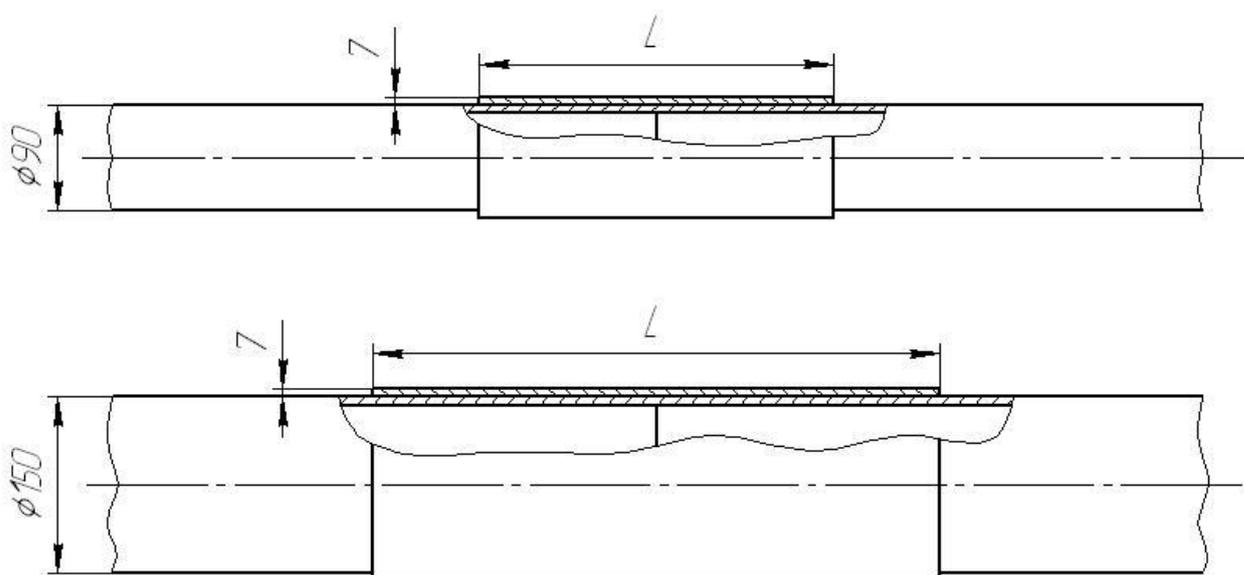


Рисунок 11 – Муфта обжимная приварная I типа

Муфты третьего типа, представленные на рисунке 13, применяются при ремонте несквозных дефектов трубопровода, дефектов кольцевых швов и околошовной зоны. Муфта третьего типа представляет собой набор из шести полуобечаек, которые образуют два технологических кольца и перекрывающее из третье кольцо. При ремонте муфтами третьего типа выполняют: установку полуобечаек и сварку их продольных стыков, приварку полуобечаек к трубе кольцевыми швами, установку перекрывающих полуобечаек и сварку продольных стыков, приварку перекрывающих полуобечаек к технологическим кольцам кольцевыми швами.

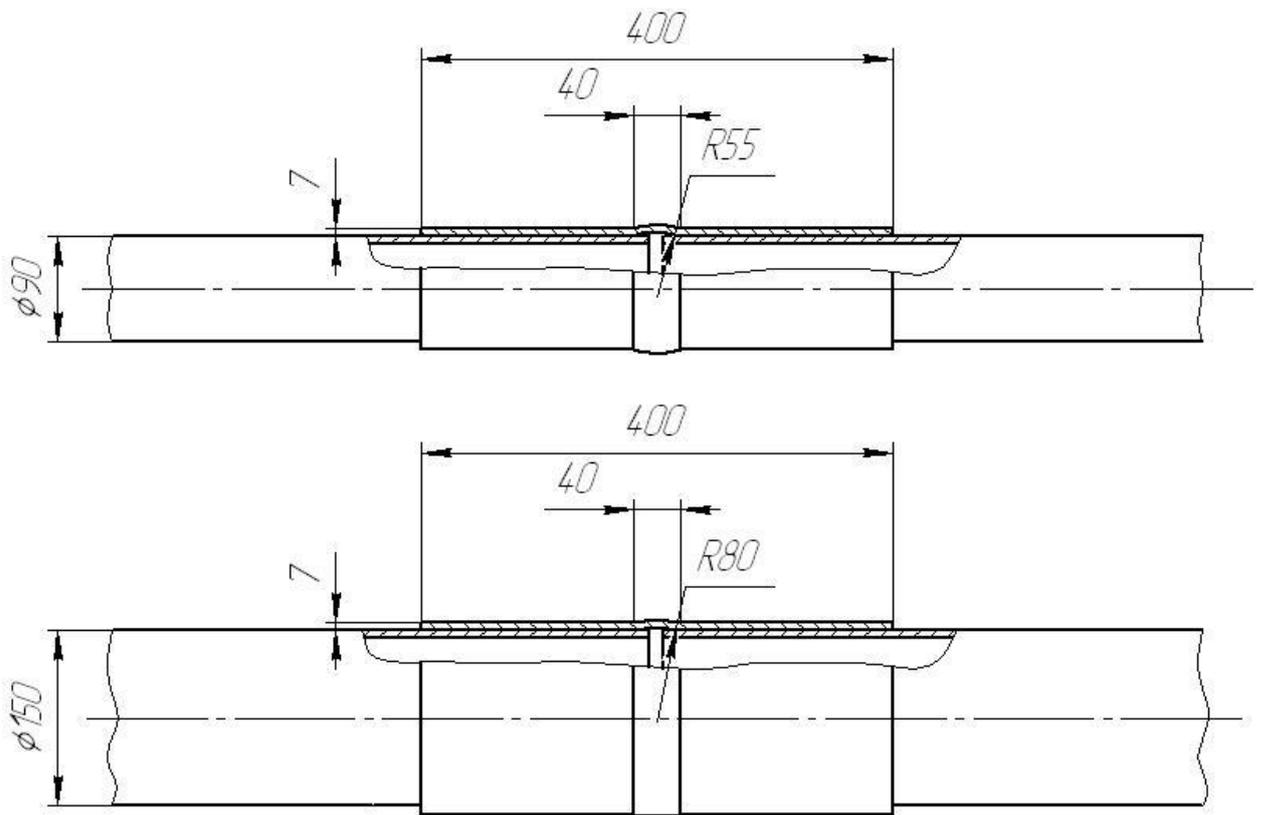


Рисунок 12 – Галтельная муфта II типа

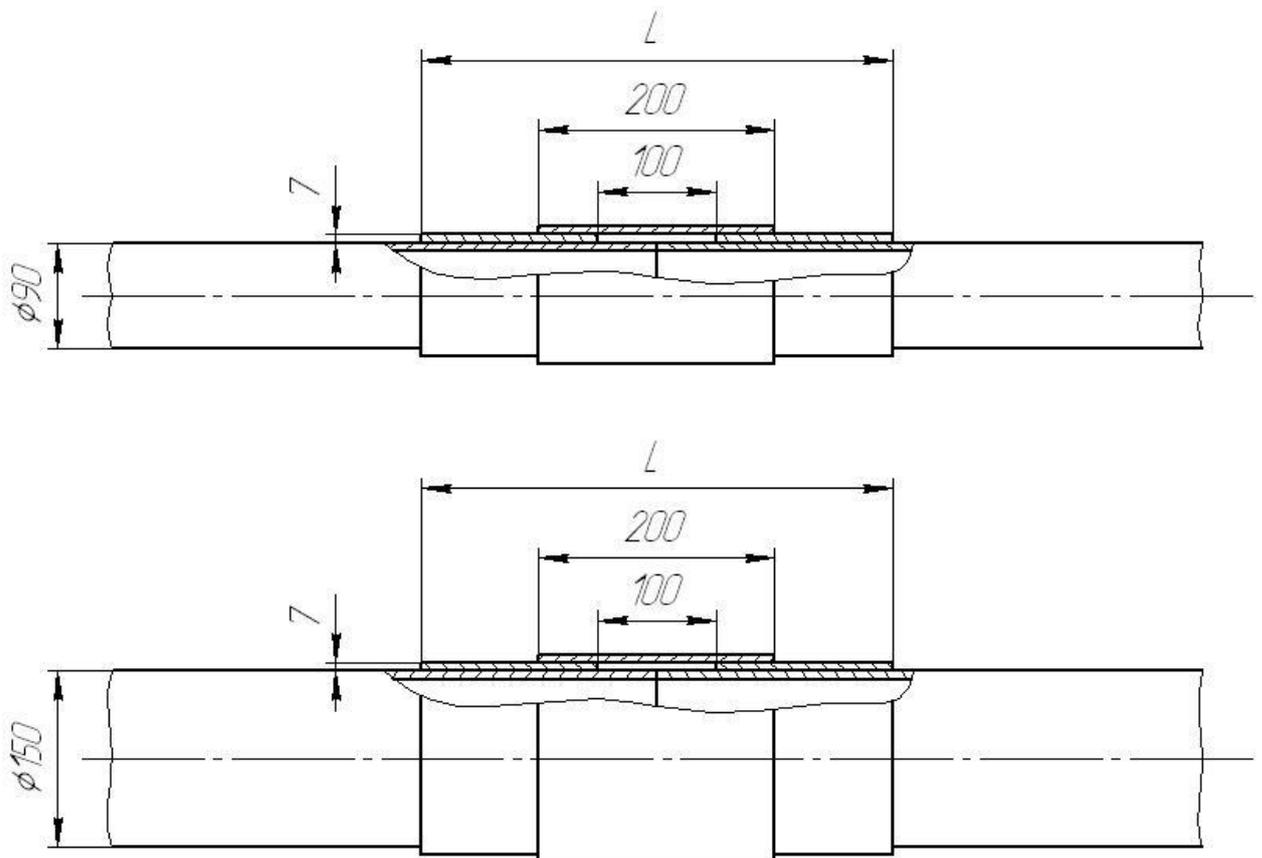


Рисунок 13 – Муфта удлиненная с полостью тип III

Сборку обечаек выполняют с технологическими зазорами 2...3 мм. Смещение стыкуемых кромок не должно превышать 20 % толщины стенки трубы, как показано на рисунке 14. «Количество сборочных приспособлений определяется длиной муфты или ее элементами и составляет не менее 2-х на каждый метр длины. При установке муфты на трубу запрещается наносить удары кувалдой или другими предметами с целью получения необходимого обжатия. После сборки муфты на трубе необходимо проводить проверку зазора и смещения стыкуемых кромок. Одновременно должен проводиться контроль за величиной зазора между стенками муфты (или ее элементов) и основной трубой нефтепровода по всему периметру» [16].



Рисунок 14 – Работа с универсальным цепным центратором  
«Universal Chain Clamp»

После сборки полумуфт с использованием сборочных приспособлений выполняют прихватку их продольных стыков. Длина прихватки составляет 30...5 мм, количество прихваток зависит от длины продольного стыка. При выполнении прихваток следует обеспечивать сквозное проплавление кромок. При обнаружении видимых дефектов (поры, свищи, лаковые включения) их следует устранить с использованием шлифмашинки. При обнаружении недопустимых дефектов (надрывы и трещины) их следует полностью удалить с применением шлифмашинки и заварить вновь.

После прихватки полумуфт выполняют сварку продольных стыков. Прихватку и сварку выполняют электродами ЦЛ-11, состав которых приведён в таблице 2.

Параметры режима сварки и прихватки: диаметр электрода – 3 мм, ток сварки в нижнем положении – 70...90 А, ток сварки в вертикальном положении – 60...80 А, ток сварки в потолочном положении – 60...80 А.

Для сварки и прихватки применяется сварочный выпрямитель ВД-306, представленный на рисунке 15.

Таблица 2 – Типичный химический состав наплавленного металла, %, электроды 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



Рисунок 15 – Сварочный выпрямитель ВД-306 УЗ

Соединен ремонтной муфты с трубой происходит путём простановки кольцевых угловых швов. Сварку муфты с трубопроводом выполняют с применением нахлесточного соединения без скоса кромок. Прилегание муфты к трубе должно быть не более 1,5 мм. Сначала выполняют прихватку, располагая прихватки равномерно по периметру трубы, при этом не допускается выполнение прихваток на пересечении продольных швов муфты.

Порядок выполнения корневого слоя шва и последующих слоёв при выполнении кольцевого шва при приварке полумуфт к стенке трубы представлен на рисунке 16. При выполнении каждого слоя необходимо смещать точки начала на 20...25 мм. Не допускаются перерывы в работе, незаконченный кольцевой шов оставлять нельзя.

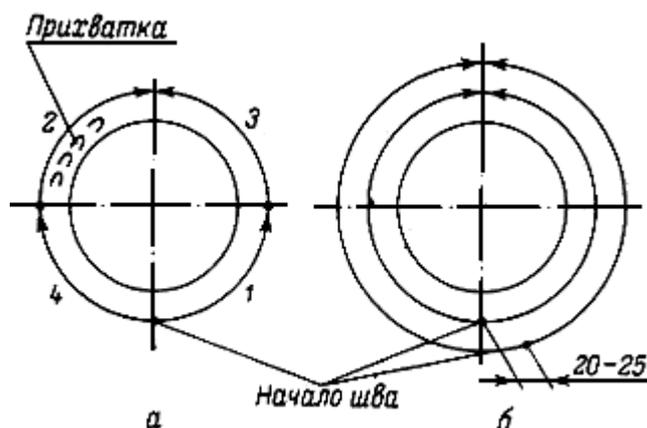


Рисунок 16 – Последовательность сварки неповоротного стыка:  
а - корневого слоя; б - второго и последующих слоев

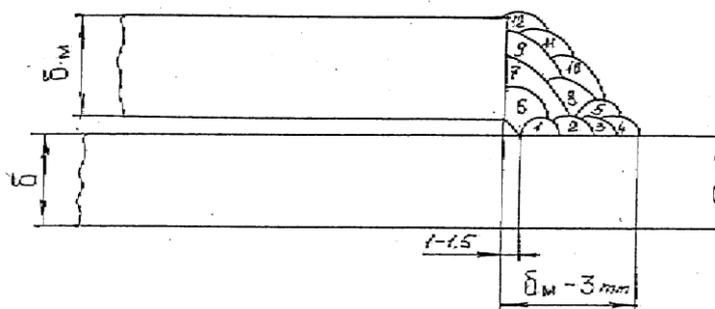


Рисунок 17 – Последовательность наложения слоёв при сварке кольцевого углового шва муфты

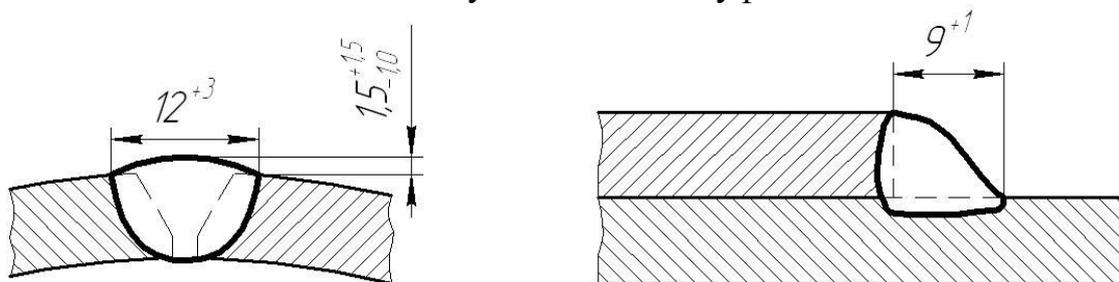


Рисунок 18 - Размеры сварного соединения продольных и кольцевых швов

После сварки кольцевого шва его следует накрыть негорючим теплоизоляционным материалом. При сварке выполняют пооперационный контроль качества, обнаруживая и устраняя видимые дефекты.

## 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов на установках по производству гексанона.

Базовая технология ремонтной сварки происходит с применением ручной дуговой сварки.

Ручная дуговая сварка осуществляется стандартным сварочным оборудованием, специальной организации поста не требуется. Процесс сварки может быть начат практически сразу после разработки соответствующей технологии с применением имеющегося на предприятии оборудования.

В числе недостатков ручной дуговой сварки следует отметить, во-первых, низкую производительность. Во-вторых, ручная дуговая сварка проходит при тяжёлых условиях сварщика, которые связаны с повышенной загазованностью рабочей зоны. В-третьих, при ручной дуговой сварке сложно получить необходимое качество сварного шва, часто возникают дефекты сварки.

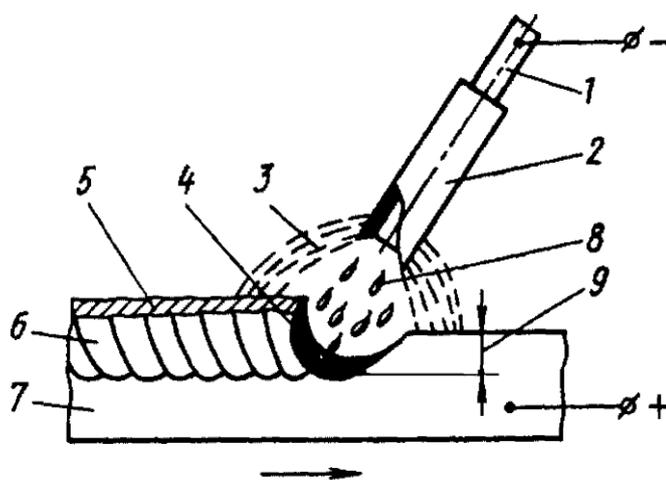
На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели. Первая задача – обосновать выбор способа сварки. Вторая задача – повысить эффективность способа ремонтной сварки. Третья задача – разработать технологический процесс ремонтной сварки.

При выполнении оценочного блока следует: во-первых, оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал; во-вторых, оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки.

## 2 Проектная технология ремонтной сварки технологического трубопровода

### 2.1 Обоснование выбора способа сварки

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 29, применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [16], [17].



- 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 19 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Ручная дуговая сварка получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких

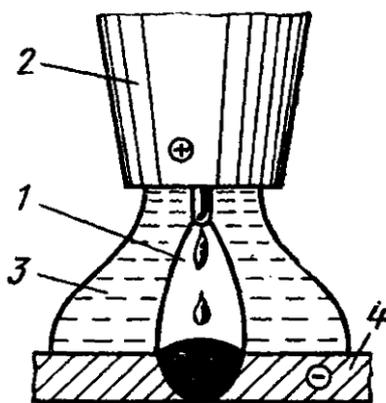
профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. Выпуск новой продукции может быть начат практически сразу.

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

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

Механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, схема выполнения которой представлена на рисунке 20, получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой

сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой и сваркой под флюсом. В-четвёртых, оборудование для сварки в среде защитных газов намного проще и имеет меньшие габариты, чем для сварки под флюсом.



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

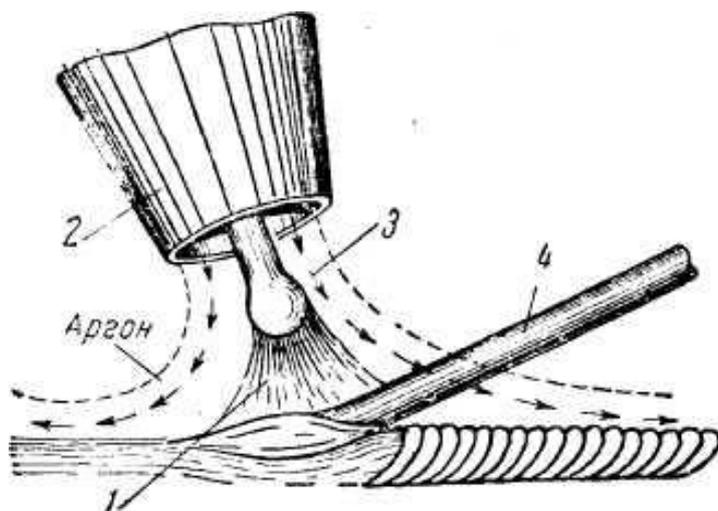
Рисунок 20 – Схема сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

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

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [15], [21], [22], [23].

Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

При сварке в аргоне неплавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 21, обеспечивается качественная защита расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Этот способ сварки обеспечивает качественное выполнение корневого слоя шва, позволяет использовать присадочную проволоку различного состава и сечения. В числе недостатков аргонодуговой сварки неплавящимся электродом следует отметить: дороговизну и защитного газа, необходимость обеспечения высокой квалификации персонала, сложность и дороговизну сварочного оборудования, интенсивный износ оборудования при использовании форсированных режимов сварки [14], [24].



1 – дуга, 2 – сопло, 3 – защитный газ, 4 – присадочный материал

Рисунок 21 – Сварка в аргоне неплавящимся электродом

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки следует заключить, что построение проектной технологии ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки следует проводить на базе механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.

## 2.2 Приспособление для сборки полумуфт под сварку

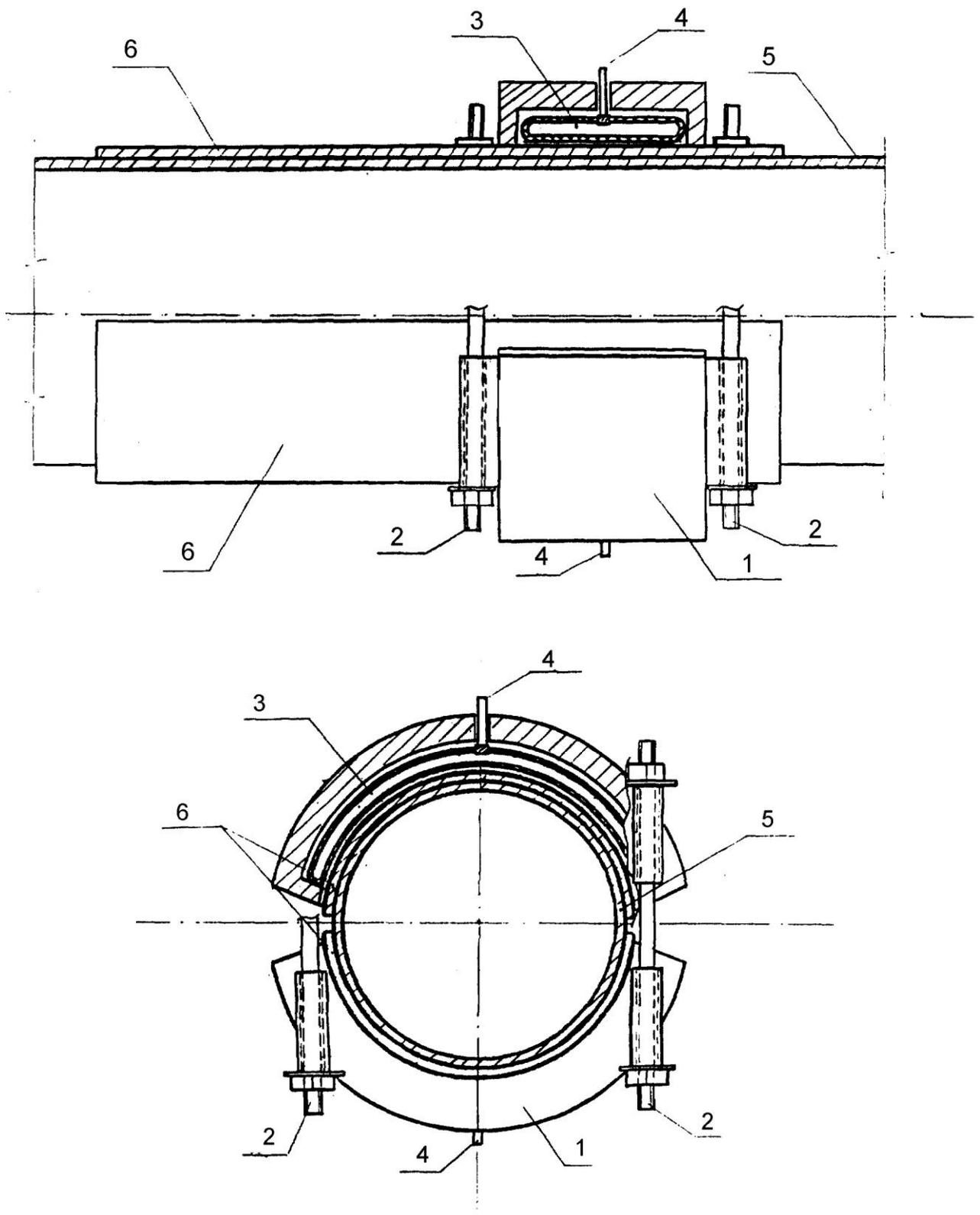
Известные сборочные устройства, которые можно применить при монтаже ремонтных полумуфт имеют ряд недостатков. Среди недостатков следует выделить: трудоёмкость монтажа, громоздкость устройства, малая точность и равномерность приложения нагрузки.

Для осуществления проектной технологии предлагается устройство, представленное на рисунке 22, в состав которого входят половины 1, крепление которых друг относительно друга происходит при помощи болтов 2, в полость корпуса вводится упругая камера 3, имеющая штуцер 4.

Работа предлагаемого устройства происходит следующим образом. На трубу 5 устанавливают две полумуфты 6. После этого одевают половины корпуса 1, упругую камеру 3. После установки половин 1 и упругой камеры 3 выполняют центрирование и фиксацию устройства при помощи стягивающих болтов 2. После этого через штуцер 4 подают сжатый газ или жидкость.

При достижении необходимого давления в упругой камере происходит надёжная фиксация полумуфт относительно трубы. Далее выполняют сварку продольных швов полумуфт, после чего давление в упругой камере уменьшают, высвобождают устройство и передвигают его на следующий ремонтируемый участок трубы.

Применение предлагаемого устройства позволяет обеспечить равномерное прилегание ремонтных полумуфт к трубопроводу по всей окружности трубы. Кроме этого, при использовании предлагаемого устройства значительно снижаются кольцевые напряжения в стенке трубы, что положительно сказывается на точности прилегания ремонтных полумуфт и работоспособности ремонтируемого участка трубопровода.



1 - корпус прижимной (2 шт.); 2 - стяжка винтовая (4 шт.); 3 - камера упругая (2 шт.);  
4 - штуцер (2 шт.); 5 – трубопровод; 6 – муфта

Рисунок 22 – Устройство для ремонта трубопроводов с помощью муфты

## **2.3 Операции технологического процесса ремонтной сварки технологического трубопровода**

Технологический процесс ремонтной сварки трубопровода химической установки включает в себя следующие операции:

- зачистка дефектного участка,
- уточнение параметров и границ дефекта,
- установка ремонтной муфты,
- сварка продольных швов муфты,
- сварка кольцевых швов муфты,
- контроль качества.

При выполнении первой операции – зачистки дефектного места применяют машинку угловую шлифовальную, круг с металлическими щётками и абразивные круги. Зачистку выполняют на ширину не менее 100 мм от предполагаемых границ дефектного участка.

При выполнении второй операции – уточнении параметров и границ дефекта применяют набор визуально-измерительного контроля и рентгеновский аппарат «Арина-5». Проводят визуальный, измерительный и рентгеновский контроль по всему периметру очищенного участка трубопровода. Также следует выполнить визуально-измерительный и рентгеновский контроль по всей протяжённости заводского стыка трубы. Если выполняется контроль сварного стыка, что проводят визуальный и радиографический контроль по всему стыку труб.

Если в ходе уточнения размеров дефекта выявлено, что дефект выходит за пределы очищенной зоны, выполняют её расширение до необходимых границ.

При выполнении третьей операции – установки ремонтной муфты, применяют сварочное устройство, составную ремонтную муфту, универсальный шаблон сварщика. Необходимо устанавливать ремонтную муфту таким образом, чтобы дефект перекрывался на 150 мм в обе стороны.

При этом расстояние между соседними кольцевыми швами соседних ремонтных муфт на одной трубе должно быть не менее 150 мм.

При сборке ремонтной муфты следует сохранять равномерность зазора между полумуфтами и трубой, который должен быть не более 4 мм. Смещение верхнего и нижнего торцов полумуфт должно быть не более 5 мм.

Четвёртая операция – выполнение продольного шва при сварке полумуфт. Выполнение продольного шва при соединении полумуфт друг с другом происходит на постоянном токе обратной полярности на параметрах режима согласно таблице 3. Многопроходную сварку следует выполнять таким образом, чтобы конец предыдущего валика не совпадал с началом следующего валика.

Таблица 3 – Параметры режима ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки

Параметр	Обозначение	Нахлёсточное соединение
Диаметр электродной проволоки	$d_{np}$ , мм	1,4
Сила сварочного тока	$I_{св}$ , А	170...200
Напряжение на дуге	$U_{д}$ , В	23...26
Скорость подачи электродной проволоки	$V_{np}$ , м/ч	210...220
Вылет электрода	$l_{вэл}$ , мм	8...15
Расход газа	$q$ , л/мин	10...15
Скорость сварки	$V_{св}$ , м/ч	10...12

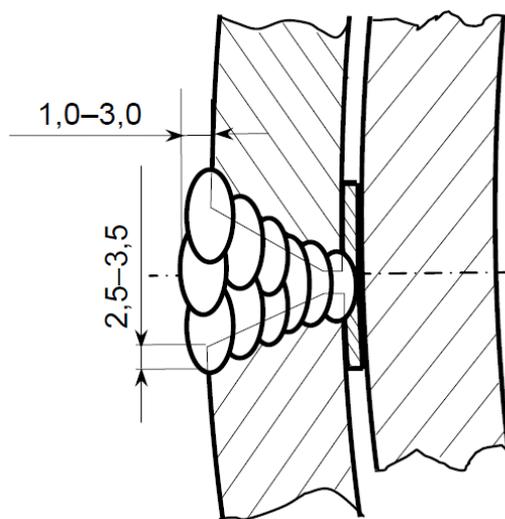


Рисунок 23 – Продольные швы муфт и колец – схема слоев

После того, как выполнено более 60% длины корневого слоя шва, можно снять сборочное приспособление и далее выполнять сварку без него. Заполняющие и облицовочный слой выполняют методом непрерывной сварки, накладывая параллельные валики.

Пятая операция – выполнение кольцевых швов для присоединения муфты к трубопроводу. Схема выполнения сварки кольцевого шва условно показана на рисунке 4. «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» [16]

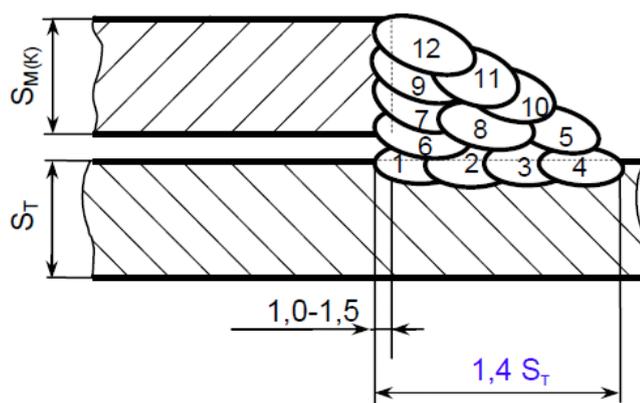


Рисунок 24 – Последовательность наложения слоев при сварке кольцевых швов муфты

Для выполнения сварки применяется источник питания ВС-300, полуавтомат ПДГ-421. В качестве проволоки используется Св-08Х20Н9С2БТЮ диаметром 1,4 мм. В качестве защитного газа используется углекислый газ.

## Выводы по второму разделу

Второй раздел выпускной квалификационной работы посвящен решению поставленных задач:

- обосновать выбор способа сварки;
- повысить эффективность способа ремонтной сварки;
- разработать технологический процесс ремонтной сварки.

Анализ альтернативных способов восстановления деталей машин выполнен с рассмотрением таких способов, как ручная дуговая сварка, механизированная сварка в среде защитного газа, сварка неплавящимся электродом в инертном газе.

На основании анализа источников научно-технической информации построение проектной технологии ремонтной сварки предложено выполнять с использованием механизированной сварки в защитном газе.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая выполнение следующих операций: первая – зачистка дефектного участка, вторая – уточнение параметров и границ дефекта, третья – установка ремонтной муфты, четвертая – сварка продольных швов муфты, пятая – сварка кольцевых швов муфты, шестая – контроль качества.

Приведены описания операций технологического процесса ремонтной сварки технологического трубопровода, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал. Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки технологического трубопровода.

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

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

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонте технологических трубопроводов химических установок.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций согласно таблице 4:

- зачистка дефектного участка,
- уточнение параметров и границ дефекта,
- установка ремонтной муфты,
- сварка продольных швов муфты,
- сварка кольцевых швов муфты,
- контроль качества.

Таблица 4 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Зачистка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машинка шлифовальная	Круг абразивный
2. Уточнение параметров и границ дефекта	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля Арина-5	Радиографическая плёнка
3. Установка муфты	Слесарь-сборщик	Сборочное устройство, шаблон сварщика	-
4. Сварка продольных швов	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный выпрямитель ВС-300, полуавтомат ПДГ-421, машинка шлифовальная	Сварочная проволокаСв-08Х20Н9С2БТЮ, газ углекислый
5. Сварка кольцевых швов			
6. Контроль качества	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля Арина-5	Радиографическая плёнка

На основании анализа данных таблицы 3 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса согласно таблице 5.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом

человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса.

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Зачистка дефектного участка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Машинка шлифовальная
2. Уточнение параметров и границ дефекта	- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Аппарат рентгеновского контроля Арина-5
3. Установка муфты	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Сборочное устройство
4. Сварка продольных швов	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Сварочная проволока Св-08Х20Н9С2БТЮ, газ углекислый
5. Сварка кольцевых швов	- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	Сварочная проволока Св-08Х20Н9С2БТЮ, газ углекислый
6. Контроль качества	- радиоактивное излучение; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Аппарат рентгеновского контроля Арина-5

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

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

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара согласно таблице 7 позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения согласно таблице 8.

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

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборки и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Таблица 9 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (механизированная сварка)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблице 9.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 10 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов согласно таблице 11.

Таблица 10 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 11 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

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

## **Выводы по экологическому разделу**

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

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

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

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

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

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

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

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на механизированной сварки в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология предусматривает механизированную сварку с применением сборочного устройства. Составлена проектная технология ремонтной сварки, которая включает в себя следующие операции: первая – зачистка дефектного участка, вторая – уточнение параметров и границ дефекта, третья – установка ремонтной муфты, четвёртая – сварка продольных швов муфты, пятая – сварка кольцевых швов муфты, шестая – контроль качества.

Такая замена способа восстановления позволяет существенно повысить производительность выполнения восстановительных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

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

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 12.

Таблица 12 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	IV	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	100	100
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	50000	250000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	4	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_а$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	800	800
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблице 12: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{\text{п}} = 1$  час, принятое для

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

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

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

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

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

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

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

времени  $t_{П-3}$ :

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

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

$$t_{шт.баз} = 2,07 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3,63 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,63 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

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

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

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

$$П_{Г.баз.} = 2054 / 3,63 = 565 \text{ ремонтных сварок за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054 / 1,21 = 1697 \text{ ремонтных сварок за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $П_{Г} = 500$  ремонтных сварок в год.

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{3,63 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,86, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{1,21 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,29.$$

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

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

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

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

$$K_{3б} = 0,86/1 = 0,86,$$

$$K_{3п} = 0,29/1 = 0,29.$$

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

Проведение ремонтной сварки технологического трубопровода предусматривает расходование материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалом будут штучные электроды. При механизированной сварке расходным материалом будут сварочная проволока и защитный газ.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{осн.баз.} = 3,63 \cdot 100 \cdot 1,88 = 682,442 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\Phi ЗП_{базов..} = 682,44 + 81,89 = 764,33 \text{ рублей;}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{\text{об. пр.}} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 1,21 / 2054 / 100 = 31,66 \text{ руб.}$$

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

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}. \quad (13)$$

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

$$P_{\text{ээ баз}} = 12 \cdot 1,82 \cdot 3,2 / 0,7 = 36,3 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эпр}} = 70 \cdot 0,49 \cdot 3,2 / 0,85 = 19,93 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{оббаз.}} = 19,00 + 36,30 = 55,30 \text{ рублей,}$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 31,66 + 19,93 = 51,59 \text{ рублей.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (14)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 13.

Таблица 13 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>M</i>	157,6	210,00
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	764,33	245,78
3. Отчисления на соц. нужды	<i>O<sub>сн</sub></i>	259,87	86,63
4. Затраты на оборудование	<i>Z<sub>об</sub></i>	55,30	51,59
5. Расходы на площади	<i>Z<sub>пл</sub></i>	75,99	25,33
5. Технологическая себестоимость	<i>С<sub>тех</sub></i>	1313,09	619,33
6. Цеховые расходы	<i>P<sub>цех</sub></i>	1023,66	341,22
7. Цеховая себестоимость	<i>С<sub>цех</sub></i>	2336,75	960,55
8. Заводские расходы	<i>P<sub>зав</sub></i>	784,81	261,60
9. Заводская себестоимость	<i>C<sub>зав</sub></i>	3121,56	1222,15

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

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $C_{\text{об.б.}}$ , коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{з. б.}}$  рассчитанного для базового варианта согласно (6):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{П_{\text{Г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 27735/500 = 55,47 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроктн.}} = 90238/500 = 180,48 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Pi_T = (100 \cdot 67) / (100 - 67) = 203 \%$$

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

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

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

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

$$Pr_{ож.} = \Delta_{у.г.} = \left( C_{зав}^{б} - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_{Г} . \quad (29)$$

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

$$\Delta_{у.г.} = (3121,56 - 1222,15) \cdot 500 = 949705 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Годовой экономический эффект  $\Delta_{г}$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\Delta_{г} = \Delta_{у.г.} - E_{н} \cdot K_{доп} \quad (31)$$

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

$$\Delta_{г} = 949705 - 0,33 \cdot 62503 = 929079 \text{ руб.}$$

### **Выводы по экономическому разделу**

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки технологического трубопровода химической установки применяется ручная

дуговая сварка штучными электродами. Недостатком базовой технологии является высокая вероятность получения сварного шва с порами и неоднородной структурой. Также следует отметить низкую производительность способа по сравнению с перспективными высокотехнологичными способами сварки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 67 %, повышение производительности труда на 203 %, уменьшение технологической себестоимости на 53 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 0,95 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,93 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,7 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности и качества ремонтной сварки технологических трубопроводов на установках по производству гексанона.

Анализ альтернативных способов восстановления деталей машин выполнен с рассмотрением таких способов, как ручная дуговая сварка, механизированная сварка в среде защитного газа, сварка неплавящимся электродом в инертном газе.

На основании анализа источников научно-технической информации построение проектной технологии ремонтной сварки предложено выполнять с использованием механизированной сварки в защитном газе.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая выполнение следующих операций: первая – зачистка дефектного участка, вторая – уточнение параметров и границ дефекта, третья – установка ремонтной муфты, четвертая – сварка продольных швов муфты, пятая – сварка кольцевых швов муфты, шестая – контроль качества.

Приведены описания операций технологического процесса ремонтной сварки, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

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

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,93 млн. рублей. Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
2. Бобров В. А. Особенности ультразвукового контроля сварных соединений сосудов и аппаратов из хромоникелевых сталей аустенитного и аустенитно-ферритного классов // Ультразвуковой и радиографический контроль сосудов и аппаратов из нержавеющей и двухслойных сталей в процессе изготовления и эксплуатации: Тезисы докладов. М. : ОАО «НИИХИММАШ». 2007.
3. Бородулин Г. М., Мошкевич Е. И. Нержавеющая сталь. М. : Металлургия, 1973. 320 с.
4. Гаврилов С. Н. Разработка самозащитной порошковой проволоки для сварки аустенитных хромоникелевых сталей в монтажных условиях : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Краснодар : Кубанский государственный технологический университет. 2007.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Гриб В. В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств, Москва. 2002. 212 с.
7. Давыдова Д. Г. Дефекты технологических трубопроводов: типология, оценка влияния на эксплуатацию // Промбезопасность-Приуралье, 2012. № 8. С. 12–19.
8. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти : изд-во ТГУ, 2012. 135 с.
9. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти: изд-во ТГУ, 2008. 38 с.

10. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2006. № 3. С. 25–30.

11. Мельникова Н. А. Совершенствование технологии аварийного ремонта трубопроводов : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Уфа : Институт проблем транспорта энергоресурсов. 2006.

12. Платонов А. Н. Прочность трубопровода в зоне установленной ремонтной муфты : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет. 2005.

13. Попков А. С. Расчетно-экспериментальная оценка работоспособности стальных муфт для ремонта нефтегазопроводов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ухта : ООО «Газпром ВНИИГАЗ». 2011.

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

15. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : Экотехнолопя, 2007. 192 с.

16. РД 38.13.004-86 Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10 МПа.

17. Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

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

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

20. ТР 2–011–066-02 Технологический регламент на эксплуатацию установки производства гексанона // ООО «ПО Киришинефтеоргсинтез». – 2011.

21. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

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

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

24. Survey on the application of pulsed currents with the TIG process // Welding World. 1980. № 3/4. P. 61–66.