

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)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Восстановление трубопровода для транспортировки оборотной
ВОДЫ»

Студент

М.А. Корягин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Насосная станция является важным элементом систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. Она представляет собой сложный комплекс, включающий в себя различные сооружения и оборудование. Правильно проведенный выбор технико-экономических параметров составляющих этого комплекса определяет безотказность работы и финансовые затраты на подачу и отведение на промышленных предприятиях технической воды.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при монтаже оборудования и ремонте трубопроводов станции подачи технической воды на ПАО «Куйбышевазот» за счёт повышения эффективности сварки и разработки новой технологии на основе современных достижений.

В выпускной квалификационной работе решены следующие задачи:

- 1) провести анализ альтернативных способов сварки и обосновать замену ручной дуговой 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) описать операции проектной технологии сварки с применением предложенных технических решений.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 70 %, снижению технологической себестоимости на 40 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила более 2500 тыс. рублей.

Пояснительная записка состоит из 63 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПОДАЧИ ВОДЫ	
1.1 Описание и устройство насосной станции	6
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	9
1.3 Операции базового технологического процесса сварки	11
1.4 Описание дефектов по базовой технологии	19
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	22
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА ПОДАЧИ ВОДЫ	
2.1 Обоснование выбора способа сварки	23
2.2 Меры по повышению эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения	26
2.3 Описание операций проектного технологического процесса сварки	31
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	37
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	39
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	40
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	41
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	42
3.6 Заключение по экологическому разделу	43

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	44
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	46
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	47
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	49
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	54
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	54
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	57
4.8 Выводы по экономическому разделу	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

ВВЕДЕНИЕ

Насосная станция является важным элементом систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. Она представляет собой сложный комплекс, включающий в себя различные сооружения и оборудование. Правильно проведённый выбор технико-экономических параметров составляющих этого комплекса определяет безотказность работы и финансовые затраты на подачу и отведение на промышленных предприятиях технической воды.

При монтаже оборудования и трубопроводов насосных станций применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Такая сварка не только обладает малой производительностью, но и даёт большое число дефектных швов. Ввиду того, что насосная станция водоканала является стратегическим объектом, от работоспособности которого зависит выживание целого населённого пункта, следует признать актуальным вопрос повышения качества и производительности сварочных операций при монтаже оборудования насосных станций.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при монтаже оборудования и ремонте трубопроводов станции подачи технической воды на ПАО «Куйбышевазот» за счёт повышения эффективности сварки и разработки новой технологии на основе современных достижений.

Для поиска эффективных технологических приёмов, которые можно применить в проектной технологии сварки необходимо произвести обзор и анализ научно-технической литературы в области сварки технологических трубопроводов.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПОДАЧИ ВОДЫ

1.1 Описание и устройство насосной станции

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается типовая насосная станция (рис. 1.1) с максимальной суточной производительностью $Q=48000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Насосная станция забирает воду из резервуара чистой технологической воды и подает ее на предприятие. Режим работы станции – ступенчатый. Расчетная подача определена при максимальном промышленном водопотреблении и составляет $Q=596,53 \text{ л/с,}$ при пожаротушении $Q=763,33 \text{ л/с.}$ В насосной станции предусмотрено 3 рабочих насоса и 2 резервных марки 1Д630-90 производительностью $658,3 \text{ л/с,}$ напором $83,5 \text{ м,}$ с электродвигателем ДА304 400ХК-4 мощностью 315 кВт. Насосная станция имеет два всасывающих трубопровода $D=600\text{мм}$ и два напорных трубопровода $D=450\text{мм.}$ Для промышленных условий водопотребления забор технической воды выражается коэффициентом часовой неравномерности ($K_{\text{ч}}$). Применительно к данной насосной станции принято $K_{\text{ч}} = 1,25.$ На основании коэффициента часовой неравномерности составляется таблица распределения водопотребления по часам суток и строится график водопотребления. На графике совместной работы насосов и водоводов (рис. 1.2) проведен анализ работы станции в различных режимах. Насосная станция оборудована вакуум-насосами для заливки насосов и двумя дренажными насосами марки ВК10/45А для откачки воды при затоплении. Однорядное расположение насосных агрегатов параллельно продольной оси здания. Два всасывающих водовода $D=600\text{мм}$ объединяются общим коллектором, к которому подключены всасывающие трубопроводы насосов. Напорные трубопроводы насосов подключены к общему коллектору, переходящему в два напорных водовода $D=450\text{мм.}$

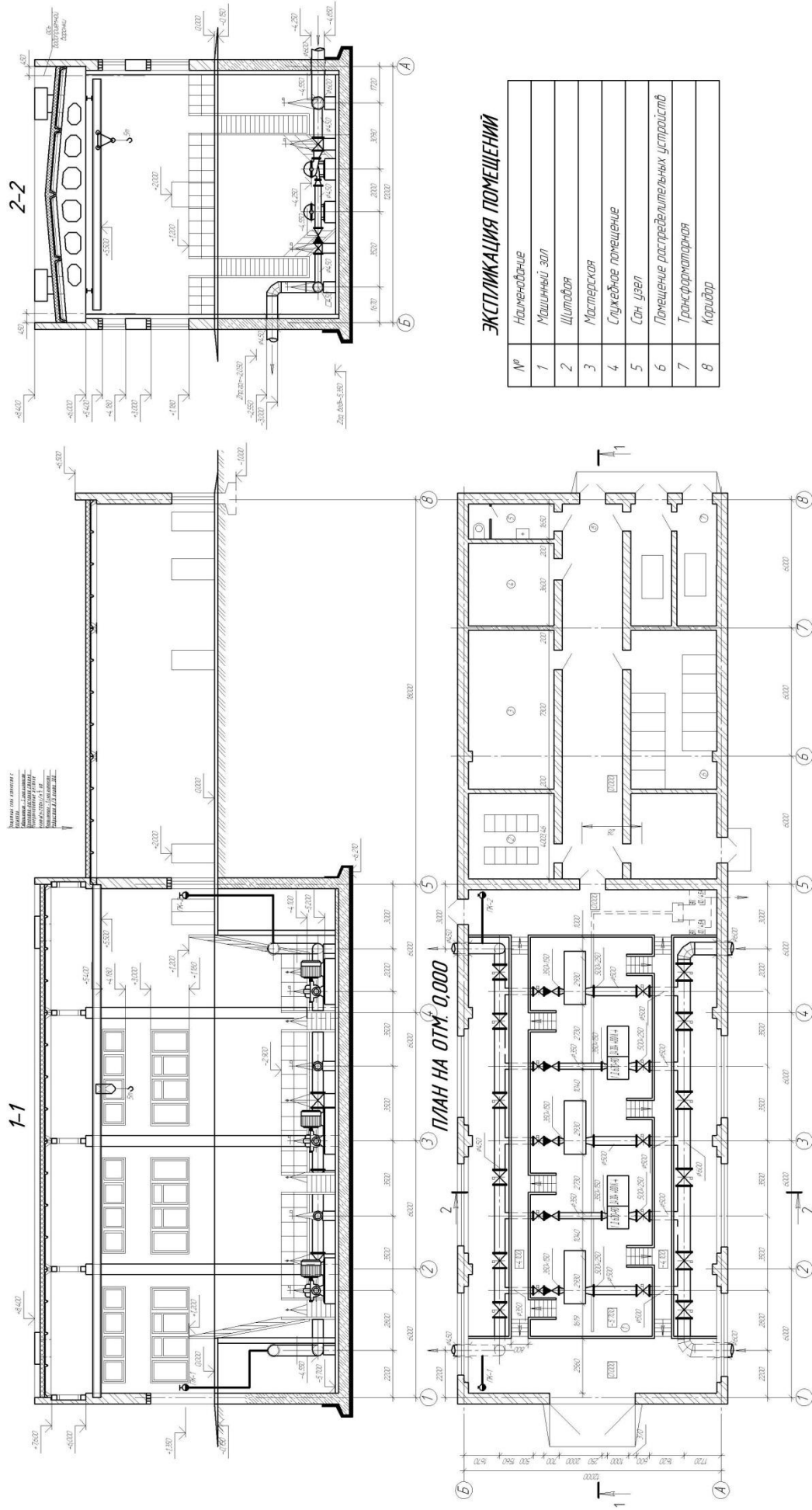


Рисунок 1.1 – Насосная станция подачи технологической воды на промышленное предприятие

Арматура и фасонные части подбираются в соответствии с диаметрами всасывающих и напорных трубопроводов.

В проекте приняты к установке:

- задвижки с электроприводом 30ч906бк, $D=450$; 30ч915бр, $D=600$.
- обратные клапаны $D=450$, устанавливаются на напорных трубопроводах каждого насоса, для предотвращения обратного движения воды.
- расходомеры, установлены на каждом напорном водоводе насосной станции для учета подаваемой воды.

Для удаления воды из заглубленного машинного зала приняты дренажный насос марки ВК10/45А с подачей 10л/с и напором 45м.

Электродвигатель насоса марки 4АМ355S4 мощность 160кВт.

Для монтажа и демонтажа оборудования предусмотрен подвесной кран, грузоподъемностью 5 т.

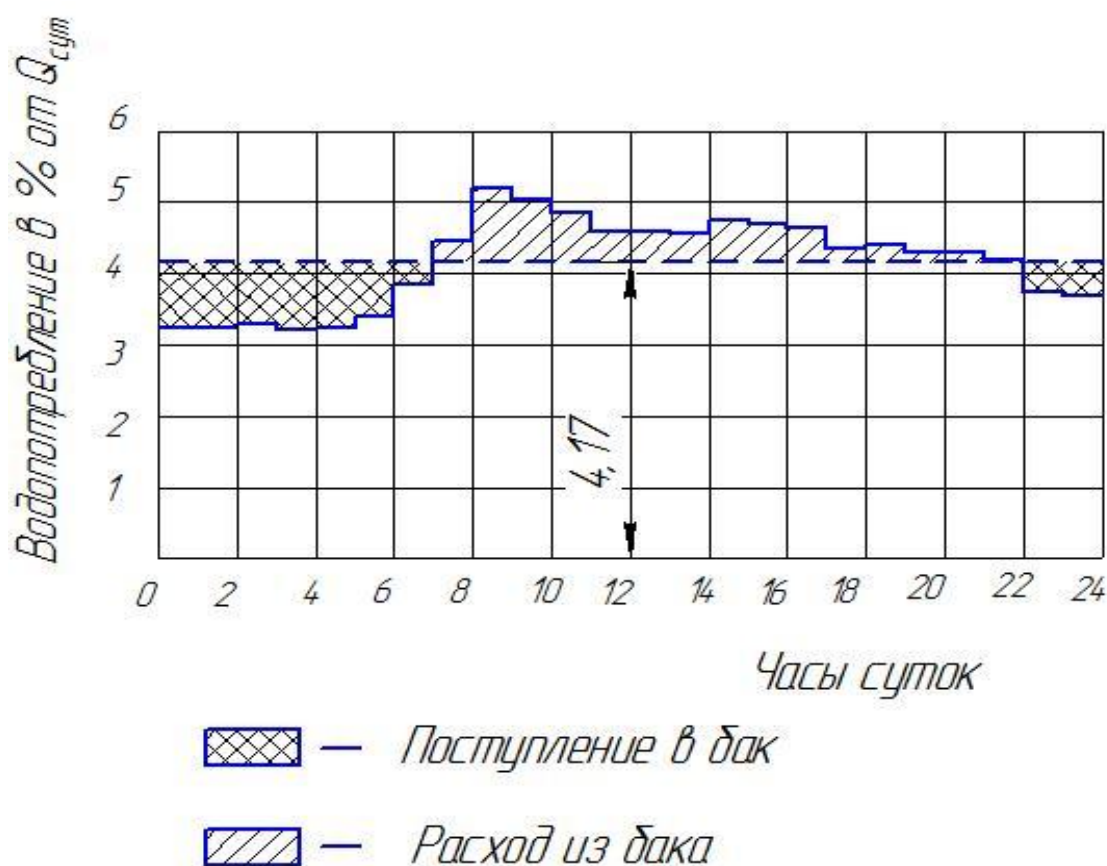


Рисунок 1.2 – Совмещенный график водопотребления и подачи воды при одноступенчатой работе насосов

Здание насосной станции включает следующие помещения: машинный зал, щитовую, трансформаторную, мастерскую, служебное помещение, санузел, помещение распределительных устройств, коридор.

Здание насосной станции представляет собой одноэтажное строение высотой 5,3 м с частично заглубленным машинным залом. Фундамент монолитный из бутобетона. Стены надземной части кирпичные, несущие толщиной 510 мм с пилястрами для подкрановых балок. Пол машинного зала насосной бетонный с уклоном 0,02 к приемкам. Покрытие из сборных железобетонных ребристых плит. Кровля трехслойная по утеплителю, уложенному на плиты. Машинный зал имеет естественное освещение.

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Трубопровод рассматриваемой насосной станции имеет внешний диаметр 450 мм и толщину стенки 8 мм. Для изготовления труб использована стали 17Г1С.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 17Г1С (ГОСТ 19281-79) [5]

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	N, %	Cu, %	As, %
0,15 - 0,2	0,4 - 0,6	1,15 - 1,6	<0,3	<0,04	<0,035	<0,3	<0,008	<0,3	<0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 17Г1С [6]

Сортамент	σ_B	σ_T	d_5	KCU
-	МПа	МПа	%	кДж / м ²
Лист	510	345...355	23	390...440
Трубы	490	343	20	

Сталь 17Г1С нашла применение при изготовлении следующих сварных металлоконструкций и деталей:

- конструкции и детали, предназначенные для работы под давлением при температуре среды -40...+475 °С;

- детали и элементы для изготовления трубопроводов пара и горячей воды, применяемых на атомных станциях и которые имеют расчётную температуру среды до +350 °С при рабочем давлении не более 2,2 МПа (22 кгс/см²);
- сварные переходы, сварные тройники, фланцы и другие фасонные детали для изготовления трубопроводов с температурой среды -40...+350 °С;
- электросварные прямошовные трубы с группой прочности К52, применяемые для строительства нефтепроводов, газопроводов и нефтепродуктопроводов, кроме того для строительства технологических трубопроводов тепловых электростанций и тепловых сетей.

При выполнении сварных конструкций из стали 17Г1С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин несколько ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит вследствие увеличения отрицательной роли углерода и других легирующих элементов, к примеру, кремния. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор необходимой технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность при выполнении швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

Малое количество образуемых при сварке стали 17Г1С закалочных структур оказывает незначительное влияние на получаемые физико-механические свойства сварных соединений, ввиду равномерной и дезориентированной ориентации этих структур в мягкой ферритной основе. Но увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в

сварном соединении. Сварку необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

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

Стойкость против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор способа сварки, предусматривающий рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающий требуемый провар.

1.3 Операции базового технологического процесса сварки

Переварку следует производить таких сварных соединений, которые содержат трещины, разывшиеся с внутренней поверхности труб (рис. 1.3). Переварку следует выполнять с соблюдением такой последовательности: вырезка патрубка - установка нового патрубка - сварка - термическая обработка.



Рисунок 1.3 – Примеры труб, для которых требуется переварка

Входной контроль

При проведении входного контроля проверяют сопроводительную документацию (сертификаты, паспорта) на применяемые трубы, арматуру и другие детали; осуществление контроля соответствия труб, арматуры и других деталей требованиям технических условий и чертежей, проверка соответствия проектной документации устанавливаемых труб, арматуры и других деталей.

Проверяют качество сварочных материалов, правильность назначения режимов прокали и хранения сварочных материалов. Проводят проверку на соответствие марок сварочных материалов, указаниям на операционных технологических документах.

Производится проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки. Проверяется возможность получения заданной точности сборки, параметров режима сварки, подогрева и охлаждения сварных стыков. Проверяется наличие и состояние средств индивидуальной защиты.

Производится проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов.

Проверяют наличие лицензии на выполнение сварочных работ, проекта проведения сварочных работ, актов аттестации технологии сварки, результатов сварки допусковых стыков. Проверяются операционные технологические карты на проводимые сварочные работы, наличие наряда-допуска на огневые работы.

Производится оценка фактического состояния трубопровода и условий выполнения работ, соответствуют ли они требованиям безопасности и нормативно технической документации.

Подготовка кромок

После приемки труб необходимо произвести очистку внутренних полостей труб и арматуры от различных загрязнений (снег, грунт и пр.)

После этого производят разделку кромок труб, которую выполняют с применением ручной кислородной резки. Для этой операции применяется резак ГРМ-70, который предназначен для резки металла толщиной 3...50 мм. Вес резака составляет 630 грамм. Применяют редукторы ДКП-1-65 для кислорода и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки осуществляется зачистка кромок с применением абразивных кругов и притупление кромок с применением абразивных кругов. Для этого используется машинка шлифовальная угловая МШУ-1-6-230 и абразивные круги 14А80Т264.

У подготовленных под сварку кромок шероховатость поверхности должна соответствовать нормам. Необходимо устранить все местные уступы и неровности, которые имеются на кромках и могут препятствовать их соединению. Устранение производят до сборки с использованием абразивного круга или напильника, при этом не допускаются острые углы и резкие переходы.

При разности внутренних диаметров у стыкуемых труб больше допустимой (порядка 30% толщины стенки), то достижение плавности перехода в месте стыка достигается следующим способом:

- раздачей без нагрева или с нагревом концов труб с меньшими внутренними диаметрами;
- расточкой по внутренним поверхностям конов труб с наименьшим диаметром;
- у труб, имеющих большие внутренние диаметры, наплавляют на внутренние поверхности слой металла и потом обрабатывают резкой и абразивным камнем.

После обработки кромок необходимо выполнить проверку соответствия формы, размеров и качества подготовки кромок требованиям технологии. Проверка размеров кромок производят по специальными

шаблонам.

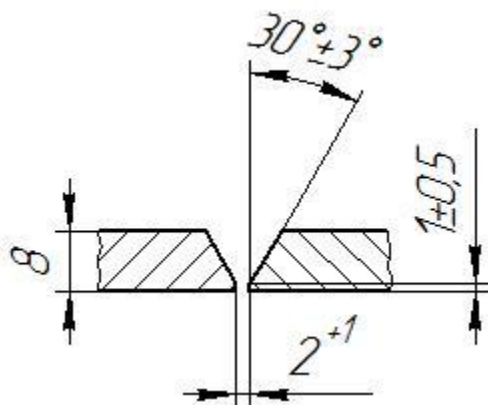


Рисунок 1.4 – Подготовка кромок труб под сварку

Сборка

Производят установку двух подготовленных труб на 2 призмы и центровку этих труб. Сборку стыков труб для сварки производят с применением центровочных приспособлений, обеспечивающих получение требуемой соосности и равномерный зазор по всей окружности стыка. Также при сборке применяют прихватки, возможно применение привариваемых на расстоянии 50...70 мм от торца труб временных технологических креплений. Эти крепления изготавливаются из той же стали, что и стыкуемые трубы.

Сборку труб под сварку производят, используя наружный центратор эксцентрикового или звенного типа. В процессе сборки следует следить, чтобы заводские швы были смещены друг относительно друга на длину не меньше чем 100 мм.

Подготовленные кромки и прилегающие к ним участки вычищают до металлического блеска механическим способом и обезжиривают на ширине не меньше чем 20 мм снаружи и не меньше чем 10 мм изнутри. Сборка стыков труб производится с применением специальных центровочных приспособлений, не привариваемых к трубам (рис. 1.5).

Проводят проверку прямолинейности труб в стыке, и смещения кромок с использованием линейки длиной 400 мм. В ходе проверки линейку прикладывают в трех-четырех местах по окружности стыка. При правильной

сборке стыка величина просвета между линейкой и поверхностью трубы составляет не более 1,5 мм.



Рисунок 1.5 – Сборка труб под сварку

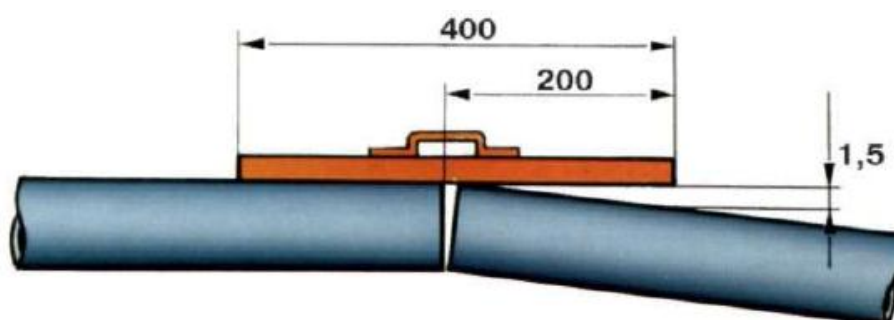


Рисунок 1.6 – Проверка прямолинейности при сборке стыка труб

Прихватка

Выполняют прихватки, равномерно распределяя их по периметру стыка труб и не ближе 100 мм от продольных швов труб. Прихватки выполняют на параметрах режима, соответствующих параметрам сварке корневого слоя шва, указанным в табл. 1.5. При выполнении прихваток применяют электроды с основным видом покрытия. Сварка ведется на постоянном токе обратной полярности электродами УОНИ 13/55 (табл. 1.3, 1.4). После выполнения прихваток их необходимо зачистить, при этом начальный и конечный участки каждой прихватки должны быть обработаны шлифовальным кругом.

Для сварки применяем сварочный выпрямитель ВДУ-506 (рис. 1.7, табл. 1.6) [10].



Рисунок 1.7 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

Таблица 1.3 – Типичные механические свойства металла шва
сварочных электродов УОНИ 13/55

Временное сопротивление электродов σ_b , МПа	Предел текучести УОНИ 13/55 σ_t , МПа	Относительное удлинение электродов δ_5 , %	Ударная вязкость УОНИ 13/55 a_n , Дж/см ²
540	410	29	260

Таблица 1.4 - Типичный химический состав наплавленного металла марки
сварочных электродов УОНИ13/55, %

С	Mn	Si	S	P
0,09	0,83	0,42	0,022	0,024

Таблица 1.5 – Режимы ручной электродуговой сварки

Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Корневой	2,5-3,0	60-80
Заполняющие	2,5-3	90-130
	4,0	110-180
Облицовочный	2,5-3	90-130
	4,0	110-180

Таблица 1.6 – Техническая характеристика сварочного выпрямителя ВДУ-506

Напряжение питания, В	3x380
Номинальная потребляемая мощность, кВА	34
Частота питания сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, ПН, %)	500 (60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	60...500
Напряжение холостого хода, не более, В	85
Диаметр штучных электродов, мм	2...6
Потребляемая мощность, кВА, не более	34

Сварка корневого шва

Сварку корневого слоя шва производят при значении параметров режима, указанных в табл. 1.5. Сразу по окончании сварки корневого слоя шва зачищают сварной шов снаружи трубы шлифовальным кругом.

Корневая часть шва до этапа заполнения остальной части шва подвергается визуальному контролю после процедуры зачистки поверхности корня шва. При контроле проверяется отсутствие в металле шва трещин, незаваренных прожогов и кратеров, скоплений, поверхностных пор (или иных включений), превышающих нормы, или других дефектов (табл. 1.7), которые свидетельствуют о нарушении режима сварки или о низком качестве сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов руководитель сварочных работ решает вопрос продолжения операции сварки или способа для исправления возникшего дефекта.

Заполнение разделки кромок

Центраторы можно снимать после того, как было выполнено не менее 60% периметра корня шва. Сразу после окончания сварки корня шва производят его зачистку с внешней стороны трубы с использованием шлифовального круга.

В процессе сварки следует предотвращать стык от перемещений или любых других внешних воздействий до полного завершения корневого слоя шва. После того, как сварили корневой слой шва и сняли центратор, приступают к заполнению разделки стыка. Сварку стыка производят с применением постоянного тока обратной полярности. Если используется

электрод с основным видом покрытия направление сварки «снизу-вверх». Зажигание дуги следует производить в разделках кромок или на ранее выполненных участках шва.

Контроль качества сварки

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

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

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

Подрезы в местах перехода от шва к основному металлу допустимы по глубине не более 10% толщины стенки трубы, но не более 0,5 мм. При этом общая протяженность подреза на одном сварном соединении не должна превышать 30% длины шва.

Если дефекты, выявленные в ходе визуального или измерительного контроля, можно исправить или удалить без применения сварки, то их следует удалить выборкой.

Гидравлические испытания проводятся только после того, как будут проведены все необходимые монтажные и сварочные работы, а также термообработка, и контроль качества полученных сварных соединений, последующая установка и окончательная фиксация всех опор, подвесок и выполнено оформление документов, подтверждающих качество проведенных работ.

1.4 Описание дефектов по базовой технологии

Недостатками базовой технологии является:

- 1) получение большого числа дефектов (табл. 1.7);
- 2) малая производительность сварки (из-за применения ручной дуговой сварки);
- 3) потери электродов на разбрызгивание и огарки.

Как показывает практика, разрушение сварных конструкций, а также электросварных труб, начинается в концентраторах напряжений. Разрушение проходит по основному металлу вдоль всей образующей трубы (риски, вмятины, царапины) далеко от непосредственно сварного соединения, по металлу сварного соединения, по линиям переходов от шва к основному металлу [8]. Распространение разрушения может пойти на соседнюю трубу, в ходе этого трещина пересечет кольцевое монтажное сварное соединение. Наиболее распространённый вид разрушения трубы это разрыв по линиям перехода шва к основному металлу, о чем свидетельствует пример на рисунке 1.8.

Наиболее часто встречаемые дефекты сварных соединений на трубопроводах это непровар, пора, смещение кромок, трещина и неметаллические включения. Рисунок 1.9 иллюстрирует макроструктуру кольцевого монтажного сварного соединения, которое имеет различные дефекты.

Металлографическое исследование шлифов показало [4] особенности характера трещин конструкций их стали 17Г1С. Так, при испытании на коррозионное растрескивание и кратковременный разрыв наблюдаются многоочаговые трещины. Направление трещин ортогонально растягивающим напряжениям, при этом трещины коррозионно растрескиваются под напряжением. На образцах из стали 17Г1С-У трещины более ветвистые и обладают глубоким распространением, тонкими окончаниями (рис. 1.10).



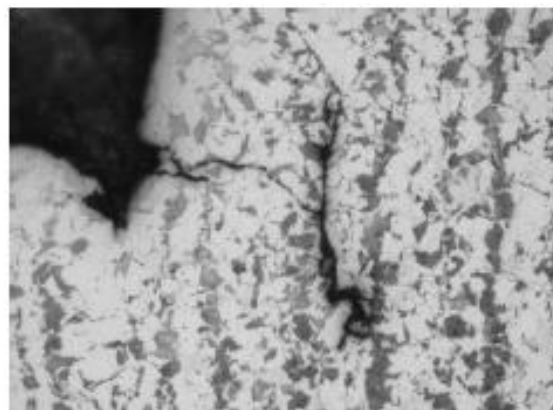
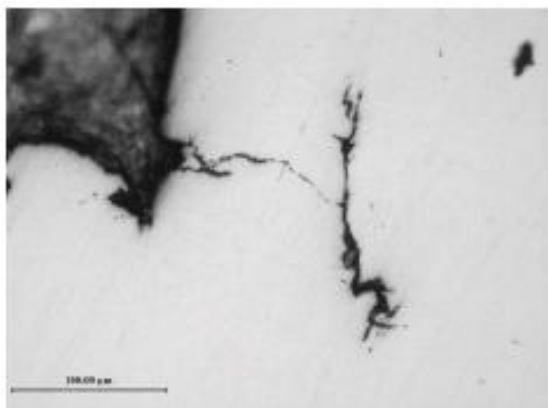
Рисунок 1.8 – Разрушение прямошовной электросварной трубы



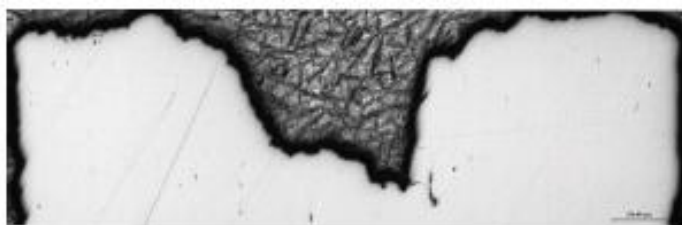
Рисунок 1.9 – Наличие пор и смещения кромок в шве



x50



x200



x50

Рисунок 1.10 – Распространение трещин в образцах стали 17Г1С-У в ходе испытания на склонность к коррозионному растрескиванию по методике NACE TM 0177 при $\sigma=0,9\sigma_{0,2}$

Таблица 1.7 – Наиболее частые дефекты при ручной дуговой сварке

Дефекты	Причины образования дефектов
Непровары	1) неправильный выбор формы разделки; 2) недостаточная погонная энергия; 3) нарушение подготовки поверхностей; 4) чрезмерная величина притупления; 5) мала величина зазоров; 6) смещение в процессе сварки электрода; 7) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода
Занижение шва	1) чрезмерный зазор кромок; 2) чрезмерная величина угла разделки кромок; 3) нарушение техники сварки.
Подрезы	1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная величина скорости сварки; 3) чрезмерная длинная дуга; 4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Прожоги	1) повышенное значение погонной энергии; 2) чрезмерный зазор; 3) недостаточная величина притупления кромок; 4) чрезмерное смещение кромок при сборке; 5) коробление деталей при сварке
Наплывы	1) чрезмерная величина сварочного тока; 2) чрезмерная скорость сварки; 3) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение); 4) смещение электрода при сварке; 5) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)
Свищи	1) низкое качество основного металла; 2) нарушение газовой защиты.
Трещины	1) превышение времени между сваркой и термообработкой; 2) чрезмерно большая скорость охлаждения; 3) нарушение газовой защиты; 4) низкое качество основного металла.
Поры	1) низкое качество основного металла; 2) применение отсыревших электродов; 3) нарушение подготовки свариваемых кромок; 4) чрезмерный диаметр электрода; 5) чрезмерная длина дуги; 6) чрезмерная скорость сварки; 7) нарушение газовой защиты.
Включения	1) нарушение газовой защиты; 2) нарушения подготовки поверхности деталей; 3) низкое качество основного металла; 4) нарушение технологии сварки.

1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

Исходная технология сварки основана на применении ручной дуговой сварки штучными электродами. Такая технология сварки обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены.

Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) провести анализ альтернативных способов сварки и обосновать замену ручной дуговой 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) описать операции проектной технологии сварки с применением предложенных технических решений.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА ПОДАЧИ ВОДЫ

2.1 Обоснование выбора способа сварки

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, гарантия качественной шлаковой защиты сварного шва при условии равномерного расплавления металла электрода и материала обмазки; во-вторых, возможность легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

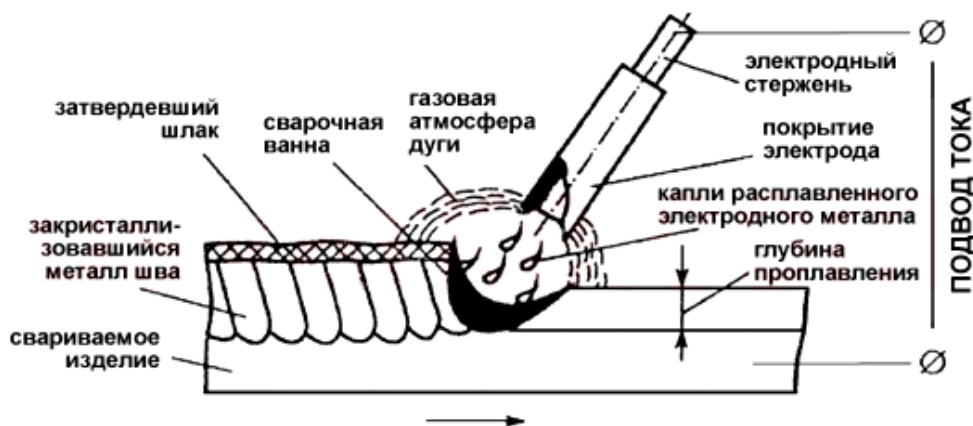


Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой сварки с применением штучных электродов

Сварка под флюсом с высокой степенью автоматизации может применяется при выполнении сварочных работ на трубах диаметром 0,2 метра и больше с толщиной стенки 4 миллиметра и больше. Схема сварки под флюсом представлена на рисунке 2.2. Перед выполнением сварного шва собранные стыки сначала прихватываются ручной дуговой сваркой с

использованием диаметром 3 миллиметра и меньше. Допускается выполнение прихваток сваркой в среде CO_2 газа.

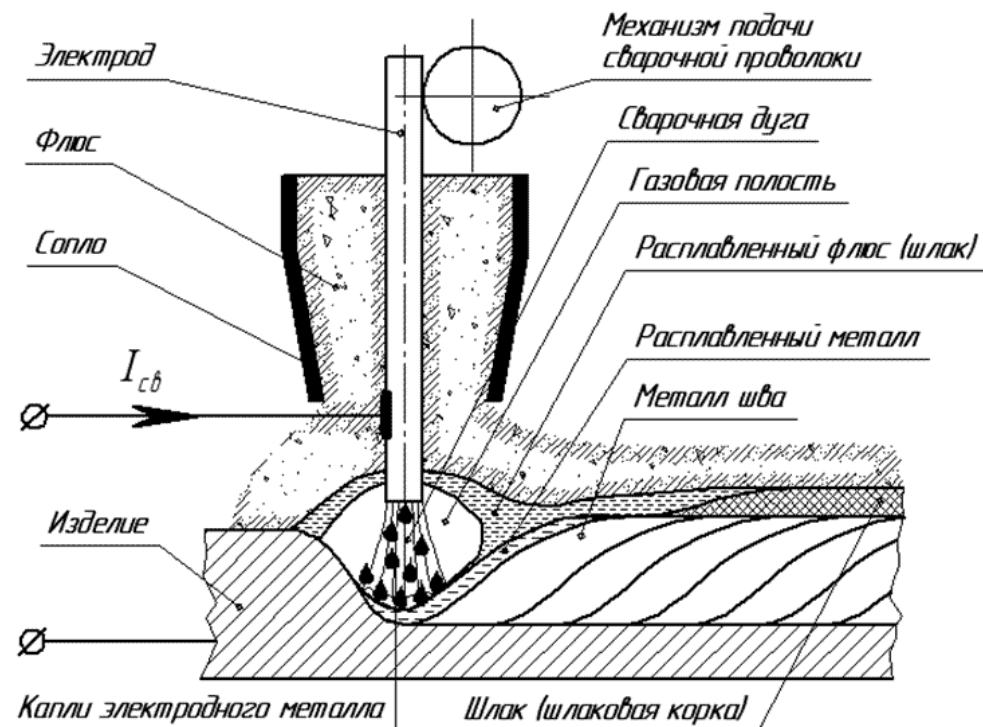


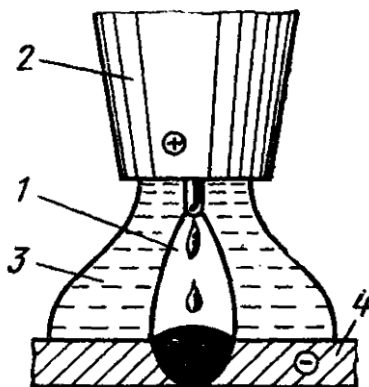
Рисунок 2.2 – Схема сварки под флюсом

В числе преимуществ сварки под флюсом следует отметить: во-первых, высокую стабильность качества; во-вторых, благодаря автоматизации достигается высокие показатели производительности; в-третьих, обеспечение возможности сварки больших толщин за проход

В числе недостатков сварки под флюсом: во-первых, сложность нанесения флюса и возможность его осыпания при сварке в определенных пространственных положениях; во-вторых, высокая сложность применяемого при сварке оборудования; в-третьих, большие габариты сварочного оборудования снижают мобильность сварщика.

В сварочном производстве России и за последние годы нашли широкое применение процессы механизированной сварки. Современное сварочное производство (машиностроение, судостроение, нефтегазовый сектор промышленности) предусматривает долю механизированной сварки с

применением проволок сплошного сечения и порошковых проволок, включая самозащитные, достигающую 75... 85 % [11].



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

Рисунок 2.3 – Схема сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Следует отметить, что наблюдается не только расширение применения известных процессов сварки, происходит внедрение новых технологий, предусматривающих использование уже имеющегося на предприятиях оборудования и внедрение нового оборудования. Основная задача внедрения новых технологий заключается в повышении производительности труда и качества сварных соединений.

К числу новых технологий, следует отнести:

- способ сварки порошковой самозащитной проволокой заполняющих и облицовочных слоев шва неповоротных стыков трубопроводов (позволяет обеспечить высокую производительность, увеличенную в 1,4 раза по сравнению с ручной дуговой сваркой);
- способ сварки при формировании обратного валика в подвешенном состоянии с применением проволоки сплошного сечения и диаметра 1,2... 1,6 мм в средах защитных газов для всех пространственных положений [12] (обеспечивается повышение скорости выполнения корневого прохода не менее, чем в 2 раза в сравнении со сваркой электродами с основным покрытием, и не меньше, чем на в два раза в сравнении со сваркой электродами с целлюлозным покрытием);

- способ подварки сварного соединения с обратной стороны (обеспечивается минимизация содержания диффузионного водорода в сварном шве (до 1,34 мл/100 г), что в 3 раза меньше, чем при сварке электродами с основным видом покрытия, и в 10 раз меньше по сравнению со сваркой электродами с целлюлозным видом покрытия);
- способ сварки порошковыми проволоками в защитных газах (обеспечивается по сравнению со сваркой проволоками сплошного сечения повышение ударной вязкости более, чем в 2 раза, а также увеличение производительности процесса не менее, чем в 1,8 раза по данным ПО «СЕВМАШ»);
- способ сварки с регулируемыми короткими замыканиями при выполнении в зазор корневых проходов и сварке тонколистового металла [12], а также многие другие.

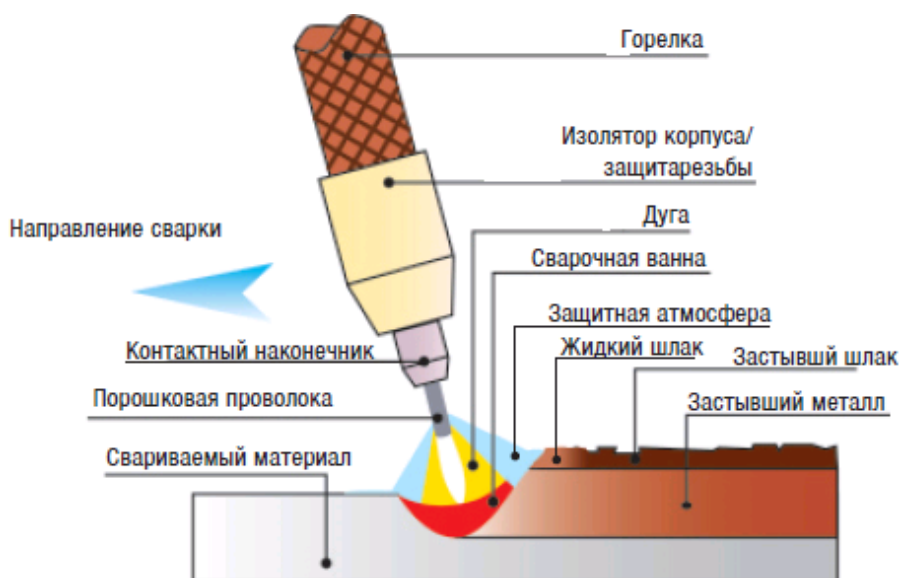


Рисунок 2.4 – Схема сварки порошковой проволокой

2.2 Меры по повышению эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

В работах современных исследователей [12...18] проанализированы основные сварочно-технологические свойства защитных чистых газов и газовых смесей при сварке различных материалов плавящимся и

неплавящимся электродом. Подчеркнуто, что знание свойств компонентов защитных газов позволяет сделать их рациональный выбор с точки зрения оптимизации процесса сварки, повышения показателей качества и служебных характеристик сварных изделий, улучшения условий труда и повышения его производительности, а также обеспечения экологической безопасности работ. На основании приведенных данных сделан вывод, что в ближайшем и более отдаленном будущем этот способ останется одним из ведущих технологических процессов соединения материалов.

Доказана эффективность применения механизированной дуговой сварки при импульсной подаче электродной проволоки. Установлено существенное влияние постоянной времени сварочной цепи на различные характеристики при образовании капли электродного металла, в частности скорость. Эта постоянная сварочной цепи может служить в качестве элемента регулирования процесса каплеобразования, для чего необходимо установить в сварочной цепи управляемый дроссель.

Предложена физико-математическая модель дуговой сварки в углекислом газе с управлением каплепереноса металла электрода при использовании периодического короткого замыкания дугового промежутка. В работе установлено, что наилучшие результаты получаются при управляемом процессе переноса капель, обеспечивающем стабилизацию напряжения источника питания которым на стадии формирования капли, и подачу импульса тока в момент разрыва возникающей шейки от электрода к ванне. Разработана методика расчётного определения параметров процесса сварки с управляемыми короткими замыканиями, обеспечивающих стабильность получения размеры шва, равных заданным. Был разработан инверторный источник для сварки, который может быть включён в состав оборудования для автоматической и механизированной сварки.

В связи с развитием способа сварки ВКЗ (с вынужденными короткими замыканиями) [12] растет значительный интерес к применению проволоки сплошного сечения с диаметром 1,6 мм (при этом увеличивается скорость

сварки с 25 м/ч при применении проволоки с диаметром 1,2 мм до 50 м/ч при использовании проволоки с диаметром 1,6 мм для всех пространственных положений при условии сохранения показателей качества сварного соединения и разбрызгивания не больше чем 3 %). Это достаточно полно отражает работа [11]. Такое повсеместное развитие и распространение новых современных технологий и приемов техник сварки в рамках уже известных способов механизированной сварки в среде защитных газов [13] требует применить более осознанные подходы при выборе сварочного оборудования. В работе [14] автор делает попытку систематизации сварочных выпрямителей и механизмов подачи в зависимости от областей применения, схемных решений и сварочных свойств.

Традиционные формы применяемых кривых тока сварки и напряжений при традиционной сварке в среде углекислого газа приведены на рис. 2.5 а, при сварке ВКЗ на рис. 2.5 б и при STT-процессе на рис. 2.5 в [15]. Как видно из рисунка, основное отличие новых видов оборудования заключается в повышении динамических свойств для сварочных источников. Время короткого замыкания в традиционных установках типа ВДУ-506, ВС-300 и др. (рис. 2.5 а) порядка 10...20 мс, а для установок типа ДК (рис. 2.5 б) метод ВКЗ – 5... 7 мс, для установки Invertec STT (рис. 2.5 в) – метод STT – 2...5 мс.

Используемая частота коротких замыканий для традиционных установок (рис. 2.5, а) порядка не более 30... 50 Гц и сильно меняется при сварке, ввиду того, что в годы разработки конструкций этих установок не было задачи приоритетного развития сварочных процессов с возможностью регулировки короткими замыканиями. При этом разрыв перемычки, возникающей между сварочной проволокой и ванной расплава после завершения короткого замыкания возникает при близких к максимальным значениям тока дуги. Этот факт в дальнейшем приводит к большему чем требуется разбрызгиванию (более 5 %), которое вызвано сильным воздействием электродинамических сил, и хаотическим изменениям размеров капель металла электрода при сварке а также невозможностью

стабильного и широкого изменения параметров режима в ходе управления процессом сварки.

В установках типов ДК (рис. 2.5, б) типичная осциллограмма по виду похожа на предыдущие. Исключение составляет длительность и крутизна переднего и заднего фронта линии тока дуги, в частности в зоне окончания короткого замыкания. Этот факт качественно влияет на сварку. Разрыв перемычки в данном случае происходит при гораздо меньшем токе дуги (примерно 40... 50 А), кроме того происходит резкое снижение разбрызгивания металла электрода (до 3 % и менее), частота коротких замыканий равна примерно 120... 150 Гц (для ВД-506ДК-4) или 70...80 Гц (для ВД-306ДК), стабилизируются размеры капель металла электрода и управление изменения параметров режима [14], процесс стабильный и легко управляем. Применяют проволоку с диаметром 1,6 мм и меньше.

В установках Invertex STT II (рис. 2.4, в) осциллограмма имеет существенные отличия от двух предыдущих. Разрыв перемычки происходит при еще более меньшем в сравнении с предыдущей установкой током сварки, разбрызгивание металла электрода не более 2 %, частота коротких замыканий около 130... 140 Гц, процесс стабильный и легко управляем. Применяют проволоку диаметром 1,2 мм и меньше.

Применение сварки в режиме коротких замыканий обеспечивает серьезное преимущество в обеспечении качества сварных соединений перед другими технологиями. На рис. 2.6 показан макрошлиф сварного соединения с обратным валиком и микроструктура металла шва и ЗТВ.

Из анализа рис. 2.6 следует, что структура металла корня шва (рис. 2.5, б) близка к околошовной структуре металла в ЗТВ (рис. 2.5, в). Зона с крупным зерном, эта зона, обычно, при сварке сталей такого класса практически не заметна. Вызвана тем, что при коротком замыкании ток дуги снижается, что уменьшает тепловложение в основное свариваемое изделие. Главное преимущество при уменьшении тепловложения это повышение физико-механических свойств детали. Способы сварки с применением

коротких замыканий дугового промежутка обеспечивают минимизацию при выгорании легирующих элементов.

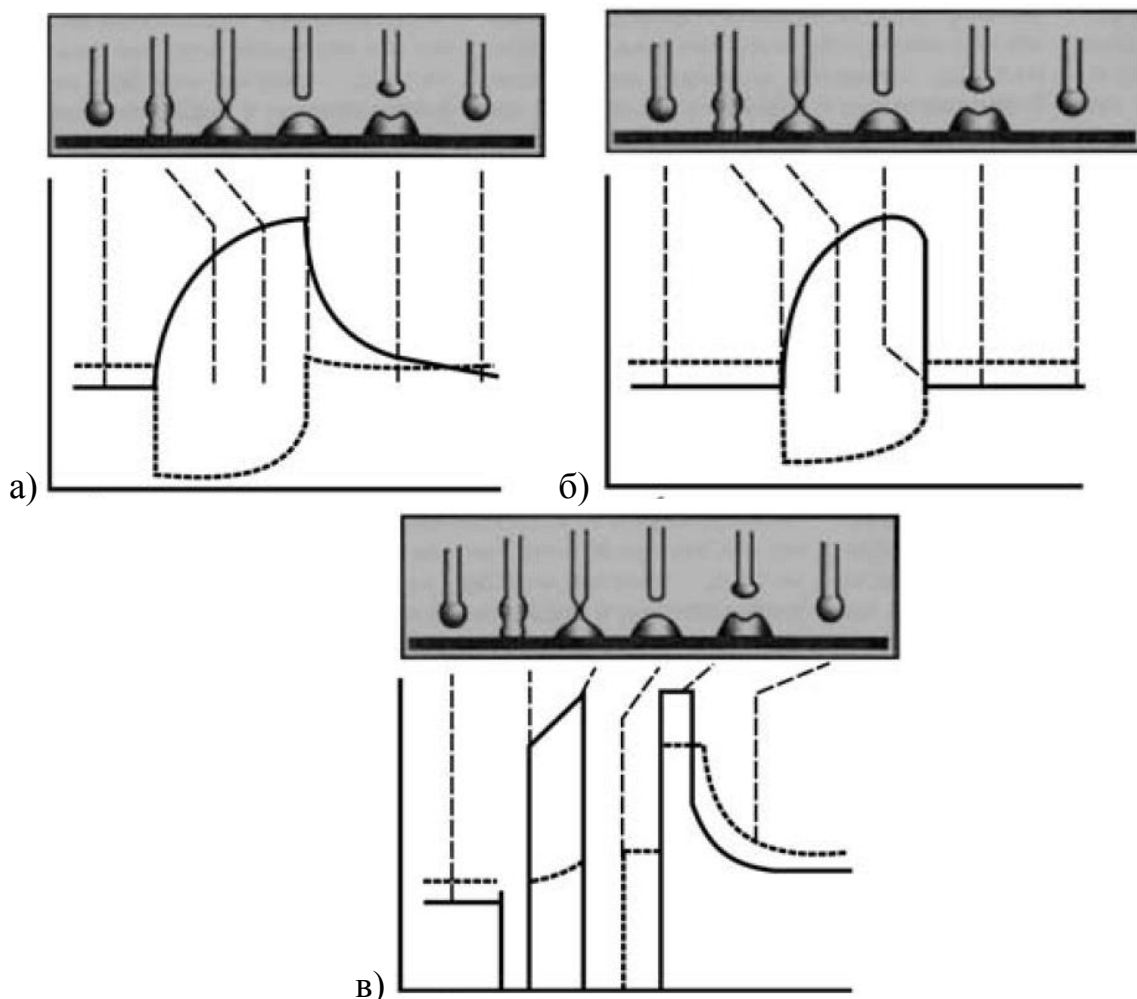


Рисунок 2.5 – Типичные формы кривых сварочного тока (—) и напряжения (- - -) при традиционной сварке в углекислом газе (а), при сварке с ВКЗ (б) и при STT процессе (в) [15].

На основании проведённого анализа способов сварки остановим свой выбор на механизированной сварке в средах защитных газов с применением проволоки сплошного сечения и импульсным управлением дугой.

При импульсной сварке наблюдается мелкокапельный перенос электродного металла, что не только позволяет производить сварку во всех пространственных положениях, но и упростить и облегчить сварочную аппаратуру для механизированной сварки различных материалов, снизить потери металла на угар и разбрызгивание, обеспечить высокие механические свойства металла шва и улучшить его формирование [16, 17].

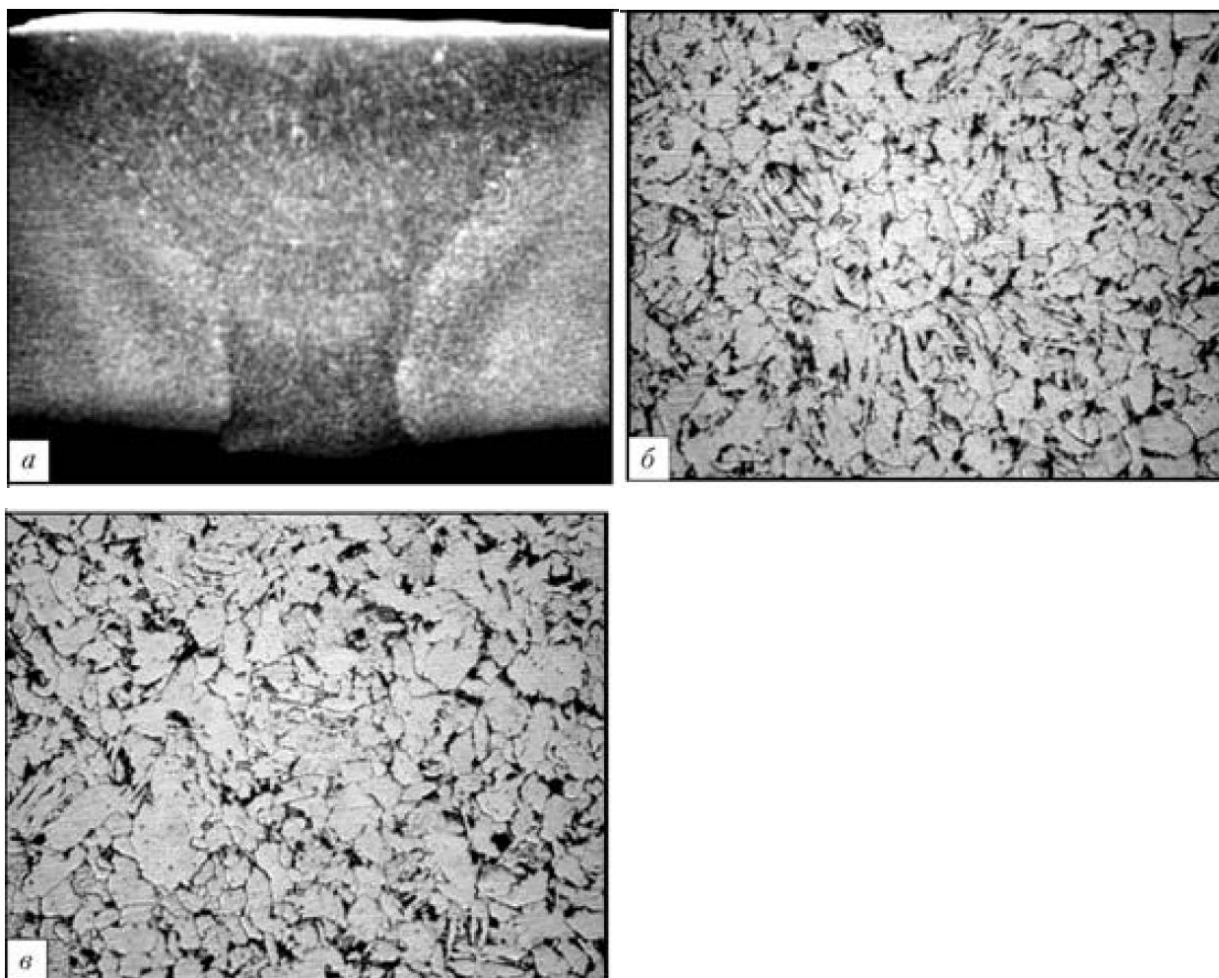


Рисунок 2.6 - Макрошлиф (а) сварного соединения стали 10Г2ФБЮ (сварка выполнена на установке ВД-306ДК, механизм подачи ПДГО-511; корневой проход выполнен проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, заполняющие и облицовочные слои — самозащитной проволокой NR-207 диаметром 1,7 мм); б — микроструктура металла шва корневого прохода (x500); в — микроструктура металла 3ТВ на участке перегрева (x550)

2.3 Описание операций проектного технологического процесса сварки

Подготовка кромок

Для операции резки труб будем использовать механический труборез SD-450 (рис. 2.7) Труборезы серии SD применяют для проведения холодной (безогневой) отрезки труб в стационарных, и полевых условиях. Труборез позволяет проводить резку труб из любых материалов. Труборез имеет

разъемный корпус, позволяющий установку его поверхности труб уже смонтированных трубопроводов, что позволяет выполнять ремонтные работы. Труборез SD осуществляет механическую резку труб, проведение торцевания, снятия фаски с наружной и внутренней кромок труб. Возможна установка двух резцов на труборез: один резец служит для отрезания, другой резец служит для снятия фаски. Во втором случае возможна установка двух режущих резцов, что существенно ускоряет процесс резки.



Рисунок 2.7 - Механические труборезы серии SD

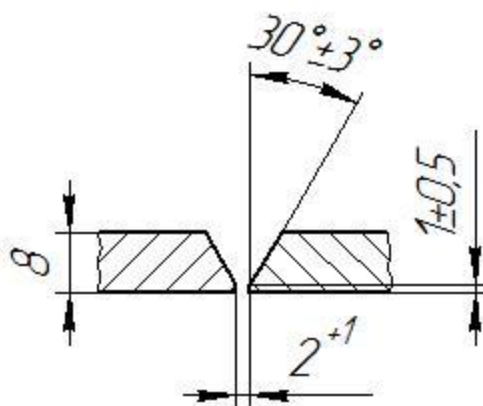


Рисунок 2.8 – Подготовка кромок труб под сварку

Таблица 2.1 – Техническая характеристика труборезов серии SD-450

Модель:	SD-450	Мощность, Вт:	1000
Для труб, мм:	270-450	Пневмопривод, бар:	9
Частота вращения, об/мин:	10	Поток, л/мин:	1500
Питание, В:	220	Вес:	45 кг

Сварочное оборудование и материалы

Для сварки используем сварочную проволоку марки L-56 диаметром 1,14 мм (производство Lincoln Electric, США) или ее аналоги, прошедшие аттестацию. Сварочная проволока SuperArc L-56 (рис. 2.9) предназначена для сварки деталей, покрытых окалиной. Максимальное качество сварки достигается при сварке деталей с чистыми поверхностями без следов смазки и ржавчины.

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

Таблица 2.2 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

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

Таблица 2.3 – Механические свойства наплавленного металла

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость при -29 °С, Дж
564	468	29	54

Сварку осуществляем с использованием аппарата Invertec STT-II (рис. 2.10), являющегося сварочным источником, реализующим процесс STT (Surface Tension Transfer) – перенос металла силами поверхностного натяжения.

В источнике STT [18] осуществляется компенсация изменения длины вылета электрода путем автоматической коррекции длительности импульса тока с постоянной амплитудой. Делается это следующим образом. Во время КЗ система измеряет падение напряжения на электроде, пропорциональное вылету электрода. Оно усредняется и подается на интегратор. Последний начинает интегрирование с нулевыми начальными условиями в момент

зажигания дуги. Когда напряжение на выходе интегратора сравнивается с регулируемым опорным напряжением (устанавливается ручкой «тепло» на передней панели источника), импульс плавления прекращается, а ток дуги начинает плавно спадать до базового тока паузы. Таким образом, длительность импульса тока плавления обратно пропорциональна длине дуги.



Рисунок 2.9 – Проволока SuperArc L-56



Рисунок 2.10 – Источник питания Invertec STT-II
с механизмом подачи проволоки LF-33

Операция сварки

Значение параметров режима сварки принимаем исходя из рекомендаций фирмы Lincoln Electric (табл. 2.4). Величина вылета сварочной проволоки составляет 9,5...15,9 мм. В качестве типовой ошибки, часто допускаемой сварщиками, можно отметить установку чрезмерно большого вылета сварочной проволоки. Для контроля за величиной вылета сварочной проволоки необходимо обеспечить выступание контактного наконечника от торца сопла сварочной горелки на величину 6,4 мм.

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

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

Когда выполнена сварка корневого слоя шва следует выполнить операцию зачистки с применением абразивного круга корневого слоя шва снаружи трубы, выбирая зашлакованные "карманы". Следует отметить по проектной технологии трудоемкость зачистки меньше за счёт применения механизированной сварки в углекислом газе. Более высокая степень проплавления получается также благодаря концентрации энергии при сварке по технологии STT.

В случае нового старта (то есть возобновления процедуры сварки), которое происходит после обрыва дуги, сварку начинают с верхней части кратера, предварительно очистив его от шлака. Заполнение кратера производят с наложением малых колебаний проволоки. После заполнения кратера сварку продолжают с нужной скоростью.

Когда выполнена сварка заполняющего слоя необходимо произвести тщательную зачистку поверхности шва с применением металлических

дисковых щеток. Металлическая дисковая щетка используется, потому что проплавление шва в проектной технологии больше, и все удаление всех шлаковых включений происходит более легко, чем в случае сварки штучными электродами, как по базовой технологии.

При сварке заполняющих слоев необходимо производить обработку шлифовальным кругом участки начала и конца сварки, а также замки шва.

При выполнении облицовочного слоя шва необходимо перекрытие основного металла на величину 2,5...3,5 мм, должны отсутствовать образования подрезы и непровар по кромкам. Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб подвергается чистовой обработке с применением дисковых проволочных щеток для зачистки поверхности от шлака и брызг.

Запрещено оставлять незаконченный стык.

Контроль качества

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

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

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

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

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Возможности влияния процесса сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

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.

В проектной технологии проведена модернизация сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа путём введения импульсного управления дугой. 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. 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 рабочих и

окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

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. Осуществление сварки стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный источник питания, наружный центратор, полуавтомат сварочный	Сварочная проволока, электроды LB-62
4. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	Шлифмашинка, молоток, зубило	Круг абразивный
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист	Лупа	-

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	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. 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 уровня УФ волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат
4. 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
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Острые края труб

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 по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предупреждающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня УФ волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

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

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение производительности и качества сварочных операций при монтаже оборудования и ремонте трубопроводов станции подачи технической воды на ПАО «Куйбышевазот» за счёт повышения эффективности сварки и разработки новой технологии на основе современных достижений.

Исходная технология сварки основана на применении ручной дуговой сварки штучными электродами. Такая технология сварки обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один сварной стык трубопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – заготовительная; вторая операция – сборочная; третья операция – сварочная; четвёртая – контроль качества.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	100	100
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт-з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	55000	130000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	4	7,3
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	12	7

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

D_{II} – общее количество предпраздничных дней;

T_{Π} – 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:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_3 = 4418 \cdot \left(1 - 7/100\right) = 4108 \text{ ч.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{шт.баз} = 12 + 1,2 + 1,2 + 0,6 + 0,12 = 15,12 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 7 + 0,7 + 0,7 + 0,35 + 0,07 = 8,82 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{г} = \frac{F_{э}}{t_{шт}} \quad (4.4)$$

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

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

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

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

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{расч} = \frac{t_{шт} \cdot П_{г}}{F_{э} \cdot K_{вн}} \quad (4.5)$$

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

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

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

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

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{расч.б} = \frac{15,12 \cdot 500}{4108 \cdot 1,03} = 1,8ед.$$

$$n_{расч.пр} = \frac{8,82 \cdot 500}{4108 \cdot 1,03} = 1,00ед.$$

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

единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

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

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

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{3б} = 1,8/2 = 0,9$$

$$K_{3п} = 1/1 = 1,0$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

где C_m – стоимость сварочных материалов;

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

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

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

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

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

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

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:

$$З_{\text{осн. баз.}} = 15,12 \cdot 100 \cdot 1,88 = 2784,56 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн. проектн.}} = 8,82 \cdot 100 \cdot 1,88 = 1624,32 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{\text{доп. базов.}} = 2784,56 \cdot 12/100 = 334,16 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп. проектн.}} = 1624,32 \cdot 12/100 = 194,92 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2784,56 + 334,16 = 3118,72 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1624,32 + 194,92 = 1819,24 \text{ рублей.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 3118,72 \cdot 34 / 100 = 1110,24 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 1819,24 \cdot 34 / 100 = 647,64 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{55000 \cdot 21,1 \cdot 12}{4108 \cdot 100} = 33,36 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{130000 \cdot 21,1 \cdot 7}{4108 \cdot 100} = 46,98 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

$КПД$ – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-э.б}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 1,75}{0,7} = 120 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{7,3 \cdot 7 \cdot 1,75}{0,85} = 105,2 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 33,36 + 120 = 153,36 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 46,98 + 105 = 152,19 \text{ руб.}$$

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:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 15,12}{4108} = 148,0 \text{ руб}$$

$$P_{\text{плб}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 8,82}{4108} = 85,88 \text{ руб}$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

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

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{плб}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 15,12}{4108 \cdot 100} = 11,04 \text{ руб}$$

$$A_{ПЛПР} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 8,82}{4108 \cdot 100} = 6,44 \text{ руб}$$

$$З_{ПЛБаз.} = 148,0 + 11,04 = 159,04 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПРоектн.} = 85,88 + 6,44 = 92,32 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = \Phi ЗП + Осс + З_{Об} + З_{Пл} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 3118,72 + 1110,24 + 277,56 + 153,36 + 159,04 = 4818,92 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 1819,24 + 647,64 + 161,91 + 152,19 + 92,32 = 2873,30 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 4818,92 + 1,5 \cdot 2784,56 = 4818,92 + 4176,84 = 8995,76 \text{ руб.},$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 2873,30 + 1,5 \cdot 1624,32 = 2873,30 + 2436,48 = 5309,78 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{ЗАВБаз.} = 8995,76 + 1,15 \cdot 2784,56 = 8995,76 + 3202,24 = 12234,42 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 5309,78 + 1,15 \cdot 1624,32 = 5309,78 + 1867,83 = 7193,98 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условн ое обозна чение	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	313,98	178,28
2	Фонд заработной платы	ФЗП	3118,72	1819,24
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	1110,24	647,64
4	Затраты на оборудование	Зоб	153,36	152,19
5	Расходы на площади	Зпл	159,04	92,32
	Себестоимость технологическая	Стех	4818,92	2873,30
6	Расходы цеховые	Рцех	4176,84	2436,48
	Себестоимость цеховая	Сцех	8995,76	5309,78
7	Расходы заводские	Рзав	3202,24	1867,83
	Себестоимость заводская	С _{зав}	12234,42	7193,98

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

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

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

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

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

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

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

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:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 55000 - (55000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 19212 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 2 \cdot 19212 \cdot 0,96 = 36886 \text{ рублей}$$

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.

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

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 130000 \cdot 1,05 \cdot 0,53 = 72723 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 130000 \cdot 0,05 = 6534 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 960 + 6534 = 7494 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 72723 + 7494 = 80217 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 80217 - 36886 = 43331 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

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

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

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 36886/500 = 73,772 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 80217/500 = 160,43 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{15,12 - 8,82}{15,12} \cdot 100\% = 41,6\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{т}} = \frac{100 \cdot 41,6}{100 - 41,6} = 71,35\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{о.г.}} = \frac{4818,92 - 2873,30}{4818,92} \cdot 100\% = 40,37\%$$

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

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\text{т}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$Э_{\text{у.г.}} = (12234,42 - 7193,98) \cdot 500 = 2520000 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{OK} = \frac{433310}{2520000} = 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{г} = 2520000 - 0,33 \cdot 43331 = 2506000 \text{ руб.}$$

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 40 %, увеличение производительности труда на 70 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 40 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 2520 тыс. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 2506 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,1 года. На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение производительности и качества сварочных операций при монтаже оборудования и ремонте трубопроводов станции подачи технической воды на ПАО «Куйбышевазот» за счёт повышения эффективности сварки и разработки новой технологии на основе современных достижений.

Исходная технология сварки основана на применении ручной дуговой сварки штучными электродами. Такая технология сварки обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов. Эти два недостатка связаны между собой и должны быть комплексно устранены.

Для этого предложено решить следующие задачи, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса: 1) провести анализ альтернативных способов сварки и обосновать замену ручной дуговой 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) описать операции проектной технологии сварки с применением предложенных технических решений.

Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

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.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 70 %, снижению технологической себестоимости на 40 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила более 2500 тыс. рублей.

На основании этого можно считать поставленную цель достигнутой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шипилов, А.В. Управление структурой сварных соединений при орбитальной TIG-сварке технологических трубопроводов компрессорных станций / А.В. Шипилов, А.В. Коновалов, В.В. Бровко, С.И. Плосков // Известия высших учебных заведений. – 2011. – № 6. – С. 44–52.
2. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Полетика И.М., Тютев А.В., Никонова И.В., Кирилова Н.В., Севастьянов С.П. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке//Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 34–38.
3. Шипилов А.В., Куркин А.С., Плосков С.И. Влияние формы и размеров сварных соединений на долговечность трубопроводов компрессорных станций // Сварка и диагностика. – 2010. – № 6. – С. 47–51.
4. Шипилов А.В. Особенности автоматической орбитальной сварки неплавящимся электродом трубопроводов обвязки компрессорных станций // Сварка и диагностика. 2010. – № 5. – С. 42–47.
5. ГОСТ 19281-79 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия
6. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
7. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. ВСН-006-89. – М.: Миннефтегазстрой. – 1989.
8. Повышение ресурса безопасной эксплуатации сварных соединений нефтегазопроводов: диссертация на соискание уч. ст. к.т.н. / Би Вэнцзюнь. – Уфа, 2004
9. Харина, И.Л. Стойкость против сероводородного коррозионного растрескивания низколегированной стали высокой чистоты для трубопроводов сероводородсодержащих сред / И.Л. Харина, А.Л. Гутарова, Т.В. Морозова // Будущее машиностроения России: Третья Всероссийская

конференция молодых учёных и специалистов. – М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана. – 2010.

10. Выпрямитель сварочный типа ВДУ 506 УЗ: Паспорт ИЕГВ 435 312.016 ПС / Калининградский завод «Электросварка». – 1989. – 37 с.

11. Карасев, М.В. Анализ наиболее эффективного использования различных видов сварочного оборудования и сварочных материалов в производстве металлоконструкций / М.В. Карасев, С.В. Исаков, Д.Н. Работинский, А.В. Симонова // Сварка в Сибири. – 2002. – № 1, 2.

12. Новые разработки НПО «Сэлма-ИТ» в области дуговой сварки в защитных газах / М.В. Карасев, Д.Н. Работинский, Г.В. Павленко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2004. – № 5. – С. 40–46.

13. Карасев, М.В. Сравнительный анализ сварочно-технологических свойств современных выпрямителей для сварки в защитных газах / М.В. Карасев, Д.Н. Работинский, Г.В. Павленко, К.А. Павлов // Сварка в Сибири. – 2003. – № 2. – С. 17–22.

14. Карасев, М.В. Основные тенденции развития производства сварочного оборудования в объединении «СЭЛМА-ИТС» и его применение в России и странах СНГ / М.В. Карасев, Е.А. Копилепко, Г.В. Павленко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2002. – № 5. – С. 52–57.

15. Карасев, М.В. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах / М.В. Карасев, Е.М. Вышемирский, В.И. Беспалов [и др.] / Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 38–41.

16. Патон, Б.Е. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса / Б.Е. Патон, А.Г. Потапьевский, И.В. Подола // Автоматическая сварка. – 1964. – № 1. – С. 1–6.

17. Патон, Б.Е. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе / Б.Е. Патон, А.В. Лебедев // Автоматическая сварка. – 1988. – № 11. – С. 1–5.

18. Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // *Welding J.* — 1993. — № 1. — P. 25–29.
19. 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.
20. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // *Автоматическая сварка.* – 2000. – № 8. – С. 48–50.
21. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. *WELDING RESEARCH SUPPLEMENT.* – February, 1995. – P. 59–68.
22. 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.
23. James M. Antonini. Health effects of welding // *Critical reviews in toxicology.* – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
24. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
25. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
26. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
27. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.