

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки технологического трубопровода

отвода воды»

Студент

В.В. Битков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Одной из ответственных операций при изготовлении технологического трубопровода является сборка и сварка низколегированных сталей, которая может проводиться как неповоротными, так и поворотными стыками. При этом наибольшее распространение получила ручная дуговая сварка. Для повышения производительности производства, улучшения качества сварки при изготовлении технологического трубопровода необходимо предусмотреть замену ручной дуговой сварки с учётом современных достижений сварочной науки.

Цель выпускной квалификационной работы: повысить производительность сборки и сварки, качество сварных швов технологического трубопровода отвода воды.

Для достижения цели решались следующие задачи, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

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

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 66,7 %, снижению технологической себестоимости на 39%. Расчётная условно-годовая экономия составляет 624 тыс. руб.

Пояснительная записка состоит из 62 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание трубопровода	6
1.2 Сведения о материале изделия	8
1.3 Сведения о базовой технологии	10
1.4 Формулирование задач работы	18
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА	
2.1 Выбор оптимального способа сварки	19
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах	25
2.3 Описание устройства для импульсной сварки	29
2.4 Описание сборочного приспособления	32
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	38
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	39
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	40
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	58
4.8 Выводы по экономическому разделу	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	60

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более актуальной становится вопрос повышения производительности производства сварной продукции. Одновременно с этим постоянно растут требования, предъявляемые к качеству сварки. Чтобы в этих условиях добиться повышения производительности необходимо внедрять в производство как современное сварочное оборудование и приспособления так новые алгоритмы управления сварочной дугой.

Одним из распространённых процессов, требующих повышения эффективности и производительности, является сварка технологических трубопроводных систем.

Технологический трубопровод воды применяются на предприятиях для подачи холодной и отвода горячей воды. Для ремонта и замены пришедших в негодность технологических трубопроводов созданы ремонтно-монтажные службы, осуществляющие монтаж и ремонт трубопроводов, а также изготовление с использованием сварки трубопроводных систем рассчитанных на давление $\leq 2,2$ МПа и температуру ≤ 430 °С [1, 2].

Одной из ответственных операций при изготовлении технологического трубопровода является сборка и сварка низколегированных сталей, которая может проводиться как неповоротными, так и поворотными стыками. При этом наибольшее распространение получила ручная дуговая сварка. Для повышения производительности производства, улучшения качества сварки при изготовлении технологического трубопровода необходимо предусмотреть замену ручной дуговой сварки с учётом современных достижений сварочной науки.

Цель выпускной квалификационной работы: повысить производительность сборки и сварки, качество сварных швов технологического трубопровода отвода воды.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание трубопровода

На предприятиях находится большое количество трубопроводов, работающих в различных условиях – это технологические трубопроводы воды.

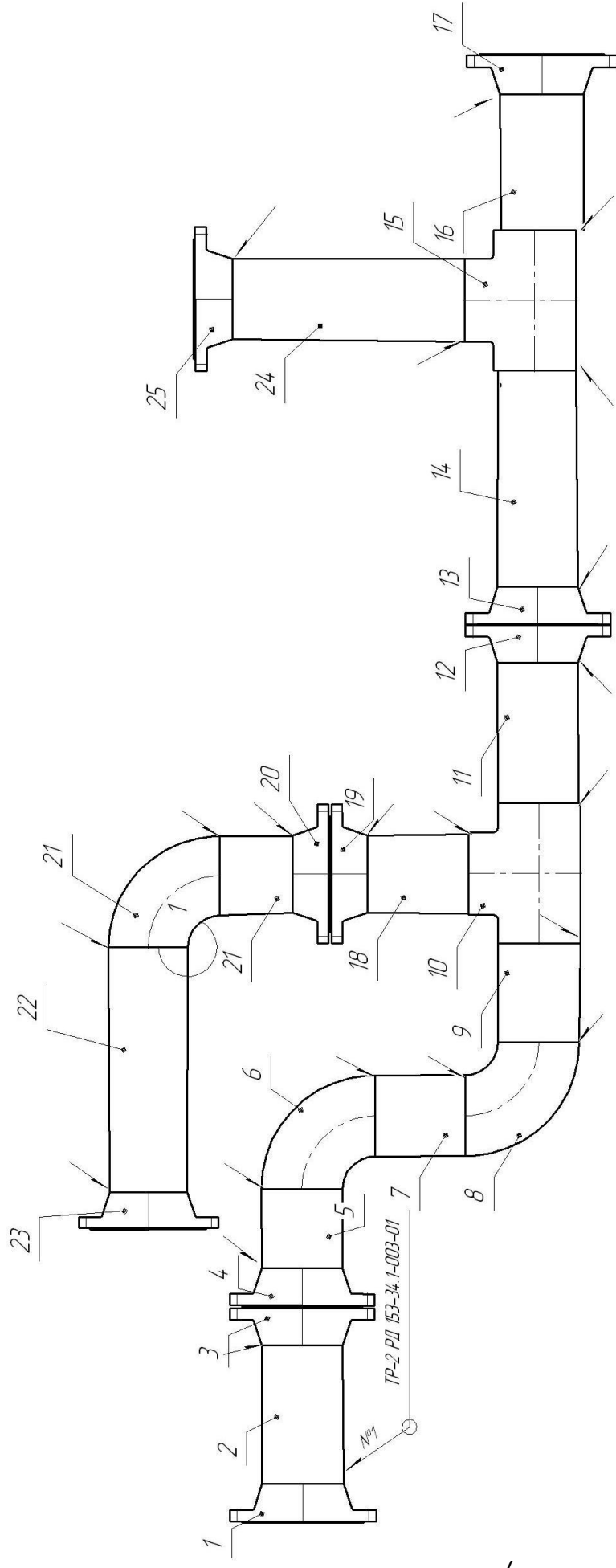
Технологическими трубопроводами являются трубопроводные системы, предназначенные для транспортировки внутри одного или нескольких предприятий сырья различного назначения, вспомогательных материалов, необходимых для осуществления технологического процесса, а также готовой продукции [1].

Технологические трубопроводы, предназначенные для транспортировки воды, рассчитаны на работы при давлении $\leq 0,07$ МПа и температуре ≤ 115 °С.

На трубопроводе может находиться запорная, регулирующая арматура.

Технологический трубопровод (рис. 1.1) изготавливают из низколегированной стали 09Г2С, включает в себя:

- 1) Фланец воротниковый позиция 1, 3, 11, 12, 16, 18, 19, 23, 25 - Поковка ГОСТ 12821;
- 2) Патрубок позиция 2, 4, 6, 8, 10, 13, 15, 17, 20, 22, 24 — Труба диаметром 159 мм, толщина 8мм ТУ- 14-3-1128-2000. Отрезается согласно КД;
- 3) Отвод (поз. 5, 7, 21 на рисунке 1.1) с диаметром поперечного сечения 159 миллиметров и толщиной стенки 8 миллиметров, ГОСТ 17375-2001;
- 4) Тройник (поз. 9, 14 на рисунке 1.1) с диаметром поперечного сечения 159 миллиметров и толщиной стенки 8 миллиметров, ГОСТ 17376.



Фланец-1,3,4,12,13,17,19, 20, 23, 25; патрубок- 2,5,7, 9,11, 14,16,18, 21,24; отвод-6,8,21; тройник-10,15.

Рисунок 1.1 – Общий вид технологического трубопровода

1.2 Сведения о материале изделия

Рассматриваемый трубопровод изготовлен из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70...+425\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

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

Таблица 1.1 – Химсостав стали 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
$\leq 0,11\%$	от 0,5% до 0,8%	от 1,3% до 1,7%	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,04\%$	$\leq 0,035\%$	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,008\%$	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,08\%$

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства стали марки 09Г2С при комнатной температуре [3]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
Лист	470 МПа	265 МПа	22 %

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

составляющих может изменяться и зависит от параметров нагрева в процессе сварки. Снижение погонной энергии приводит к повышению содержания бейнита, аустенита и мартенсита в шве, а также к увеличению их дисперсности.

Закалочные структуры при их малом количестве оказывают незначительное воздействие на физико-механические свойства металла. При этом значительное увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

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

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит из-за повышенного содержания углерода и воздействия отдельных легирующих компонентов, таких как кремний. 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 правильное проектирование технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность сварки швов, обеспечивающей нужную величину провара.

1.3 Сведения о базовой технологии

Первая операция технологического процесса – входной контроль.

- 1) проверка сопроводительной документации (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;
- 2) проверка качества сварочных материалов, правильности назначения режимов прокали и хранения сварочных материалов; проверка правильности сварочных материалов по их маркировке;
- 3) проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки; проверка возможности сборки стыка с необходимыми геометрическими параметрами; проверка возможности обеспечения режимов сварки и остывания стыков; проверка наличия средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения операций технологического процесса;
- 4) проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов;
- 5) проверка наличия лицензии на выполнение работ, проекта проведения работ, аттестации технологии сварки, операционных технологических карт;
- 6) проверка текущего состояния трубопроводной системы и соответствия условий выполнения работ требованиям безопасности.

Вторая операция технологического процесса – подготовительная.

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 (кислородный), а также ДАП 1-65 (ацетиленовый). По окончании 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 14A80T264.

У подготовленных под сварку кромок необходимо контролировать шероховатость на соответствие требуемым значениям. Необходимо устранить неровные части, выступы, заусенцы мешающие плотному примыканию кромок друг к другу. Устранение производят до сборки с использованием абразивного круга или напильника, при этом не допускается наличие острых углов, а также резких переходов.

Геометрические параметры кромок и их форма может быть проверена с использованием специальных шаблонов, которые представлены на рисунке 1.2.

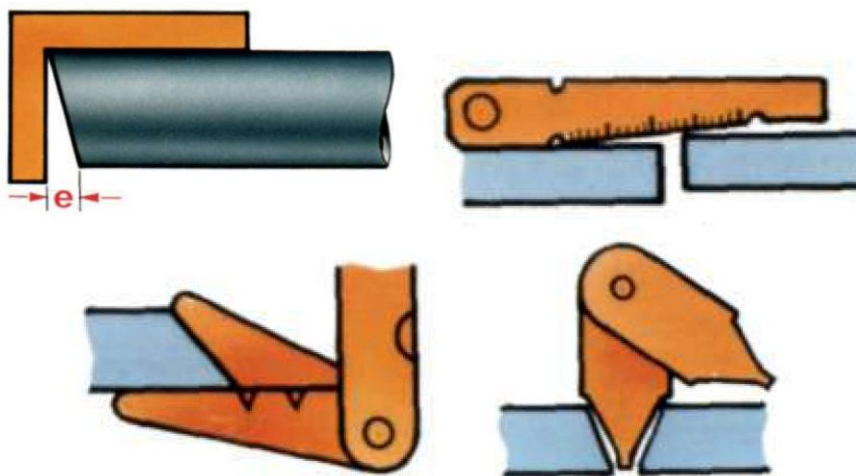


Рисунок 1.2 – Шаблоны для проверки фасок и размеров кромок [4]

Третья операцией процесса является сборка.

При сборке стыка труб используются специальные центровочные приспособления, обеспечивающие соосность деталей, а также требуемый равномерный зазор по периметру стыка.

Фиксирование стыка осуществляется с помощью сварки прихваток или с помощью технологических креплений, привариваемых на расстоянии 5-7 см от торца.

Марка материала технологических креплений должна соответствовать марке стали труб. Если трубы изготовлены из закаливающейся термоустойчивой марки стали, то крепления могут быть выполнены из углеродистой стали.

При сборке стыка применяются наружные центраторы эксцентрикового или звенного типа. Центратор эксцентрикового типа представлен на рисунке 1.3.

При сборке стыка необходимо продольные заводские швы стыкуемых труб смещать относительно друг друга на расстояние не менее 0,1 метра.

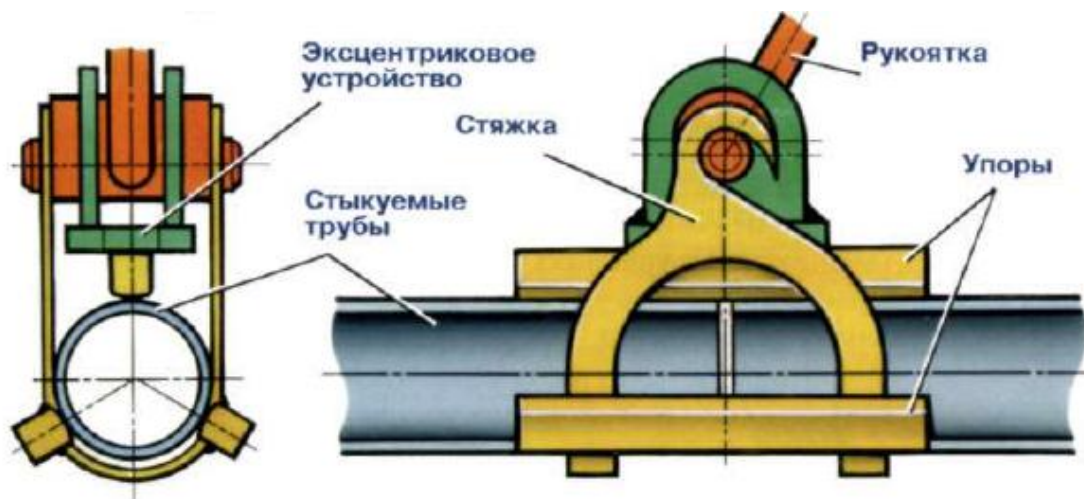


Рисунок 1.3 – Сборка стыка труб с использованием эксцентрикового устройства [4]

Проверку прямолинейности в месте стыка осуществляется с использованием линейки длиной 0,4 метра. Для этого ее необходимо приложить в нескольких местах по периметру стыка так, как это показано на рисунке 1.4 [4].

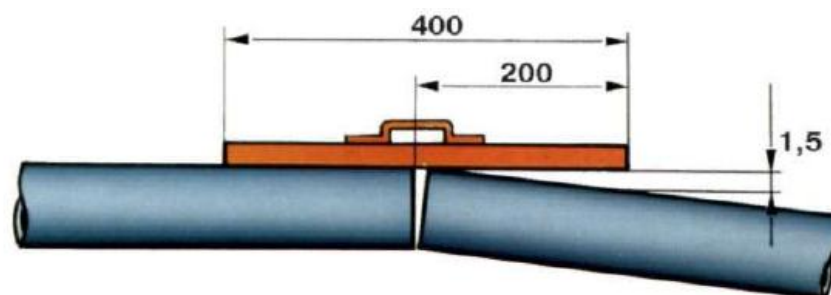


Рисунок 1.4 – Проверка прямолинейности установки труб

Четвёртой операцией технологического процесса является выполнение прихваток.

При выполнении прихваток их следует равномерно распределять по всему периметру стыка, обеспечивая при этом расстояние от заводских продольных швов труб до края прихватки не менее 0,1 метра.

При сварке прихваток необходимо использовать те же режимы сварки, что и при сварки корневого слоя. Параметры сварки различных слоев шва которые представлены в таблице 1.3. Применяются электроды с основным видом покрытия марки УОНИ 13/55 (табл. 1.4, 1.5).

Сварка выполняется постоянным током обратной полярности.

Для сварки применяют сварочный выпрямитель ВДУ-506 (рис. 1.5, табл. 1.6) [5].

Таблица 1.3 – Параметры электродуговой сварки (ручной)

Название	Диаметр поперечного сечения электрода	Ток сварки
Корневой слой	2,5...3,0 мм	60...80 ампер
Заполняющие слои	2,5...3,0 мм	90...130 ампер
	4,0 мм	110...180 ампер
Облицовочный слой	2,5...3,0 мм	90...130 ампер
	4,0 мм	110..180 ампер

Таблица 1.4 – Физико-механические свойства металла шва при использовании электродов марки УОНИ 13/55

Временное сопротивление σ_b	Предел текучести σ_t	Относительное удлинение δ_5	Ударная вязкость a_n
540 МПа	410 МПа	28 %	260 Дж/см ²

Таблица 1.5 – Химсостав (в процентах) металла шва при использовании электродов марки УОНИ 13/55

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



Рисунок 1.5 – Источник тока ВДУ-506

Таблица 1.6 – Основные характеристики источника тока ВДУ-506 [5]

Название параметра	Значение параметра
Питающее напряжение	3х380 вольт
Средняя потребляемая мощность	34 кВА
Частота питающего напряжения	50 Гц
Номинальный ток сварки	500 ампер; 60 (ПВ, ПН, %)
Диапазон выбора тока сварки	От 60 до 500 ампер
Напряжение ХХ	≤85 вольт
Диаметр поперечного сечения электродов	От 2 до 6 миллиметров

Пятая операцией технологического процесса является сварка корневого шва.

Режимы сварки представлены в таблице 1.3. Центраторы можно снимать после того, как было выполнено не менее 60% периметра корня шва. При завершении сварки корня шва необходимо провести его зачистку с внешней стороны трубы с использованием шлифовального круга.

Шестой операцией технологического процесса является заполнение разделки.

Параметры режима следует принимать в соответствии с табл. 1.3.

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. При сварке применяется постоянный ток обратной полярности. Если в процессе сварки используются электроды с основным покрытием, то направление сварки должно быть «снизу-вверх», если электроды с целлюлозным покрытием, то направление сварки «сверху-вниз».

Зажигание дуги следует производить в или выполненном участке шва, или на разделке кромок.

Седьмая операция технологического процесса является контроль качества.

Проверку качества сварных швов трубопроводов проводят систематическим пооперационным контролем, визуальным осмотром, контролем геометрических характеристик, неразрушающими методами контроля; разрушающими испытаниями образцов соединения, выпиленных при опытной сварке и металлографическими исследованиями.

Проведение *пооперационного контроля* предусматривает выполнение следующих операций:

а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);

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

Визуальному контролю подвергаются все сварные соединения.

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

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

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

После того, как будут выполнены все монтажные работы трубопроводной системы (сварка, установка опор, подвесок), проведен контроль сварных соединений неразрушающими методами контроля и оформлена документация по выполненным работам можно переходить к обязательным гидравлическим испытаниям системы.

Величины давления, а также длительность выдерживания под давлением указаны в проекте трубопроводной системы.

Таблица 1.7 – Критический анализ исходной технологии

№	Технологическая операция	Недостатки	Пути их устранения
1	Газовая резка и подготовка кромок под сварку	1. Ручной труд 2. Качество реза	Применить плазменную резку
2	Сборка и сварка	1. Ручная сварка покрытыми электродами 2. Тяжелый ручной труд 3. Низкая производительность 4. Сложность обеспечения соосности труб	1. Заменить способ ручной сварки более производительный 2. Разработать универсальное приспособление для сборки труб
3	Контроль	1. Гидроиспытания 2. Визуальный контроль	Применить ультразвуковую дефектоскопию 100% длины швов и рентгеновскую дефектоскопию мест обнаружения дефектов УЗК
4	Исправление дефектов	Газовая вырезка и абразивная обработка	Применить воздушно - дуговую вырезку дефектов

1.4 Формулирование задач работы

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

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

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СТЫКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРУБОПРОВОДА

2.1 Выбор оптимального способа сварки

Определение наиболее подходящего для наших целей способа сварки необходимо производить с учётом свариваемости металла, необходимости использования высокотехнологичного оборудования, реализующего процесс сварки, квалификации сварочного и обслуживающего персонала, а также с учетом экономических показателей.

В рассматриваемом нами случае трубопроводы выполнены из стали марки 09Г2С, которая является легкосвариваемой. По этой причине нецелесообразно в качестве вариантов применяемых способов сварки рассматривать электронно-лучевую, лазерную и другие специальные способы. Также данные способы сварки не применимы в монтажных условиях, требуют наличия высококвалифицированного персонала и дорогостоящего сварочного оборудования.

Такие способы сварки целесообразно применять только при сварке уникальных деталей или при использовании сложносвариваемых материалов.

В случае использования **газопламенной** сварки стык свариваемых деталей разогревается с помощью горелки до температуры плавления металла, в результате чего образуется сварочная ванна. Затем пламя перемещают вдоль стыка, формируя сварной шов. При отсутствии воздействия пламени расплавленный металл остывает и кристаллизуется.

Если необходимо сформировать усиление на сварном шве, то при сварке в пламя вводят присадочный пруток, материал которого, расплавляясь, попадает в сварочную ванну. Газопламенная сварка показана на рисунке 2.1.

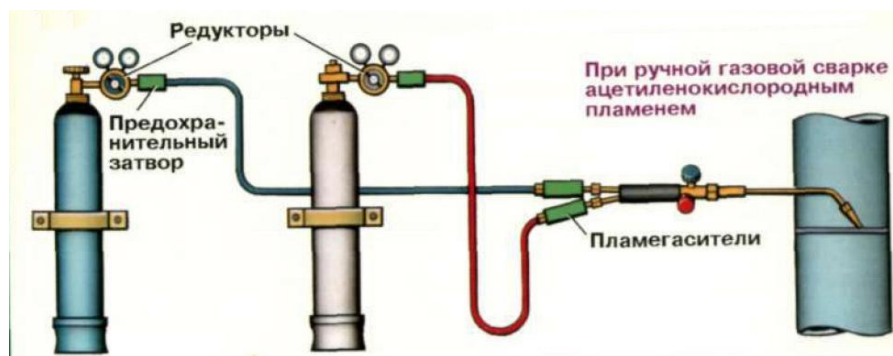


Рисунок 2.1 - Газопламенная сварка

Газопламенная сварка применяется не столь часто из-за невозможности механизации, сложности применяемого оборудования, необходимости контроля состава газового пламени. Необходима высокая квалификация рабочего персонала с допуском для проведения данного типа сварочных работ. Кроме того, возникающий из-за применения газового пламени перегрев может привести к дефектности всего сварного соединения.

Наиболее распространённым способом сварки является **ручная дуговая сварка**, которая показана на рисунке 2.1.

Главными достоинствами **ручная дуговая сварки** является относительная простота сварочного оборудования, высокая мобильность способа, обеспечивающая возможность сварки в различных пространственных положениях, а также возможность сварки широкого спектра материалов. Основным недостатком ручной дуговой сварки является сложность механизации и затруднённая автоматизация процесса сварки. По этой причине данный способ сварки является низкопроизводительным и характеризуется неоптимальным расходом материала из большого количества остаточных “огарков” электродов.

При этом относительно низкие значения тока сварки затрудняют повышение производительности способа.

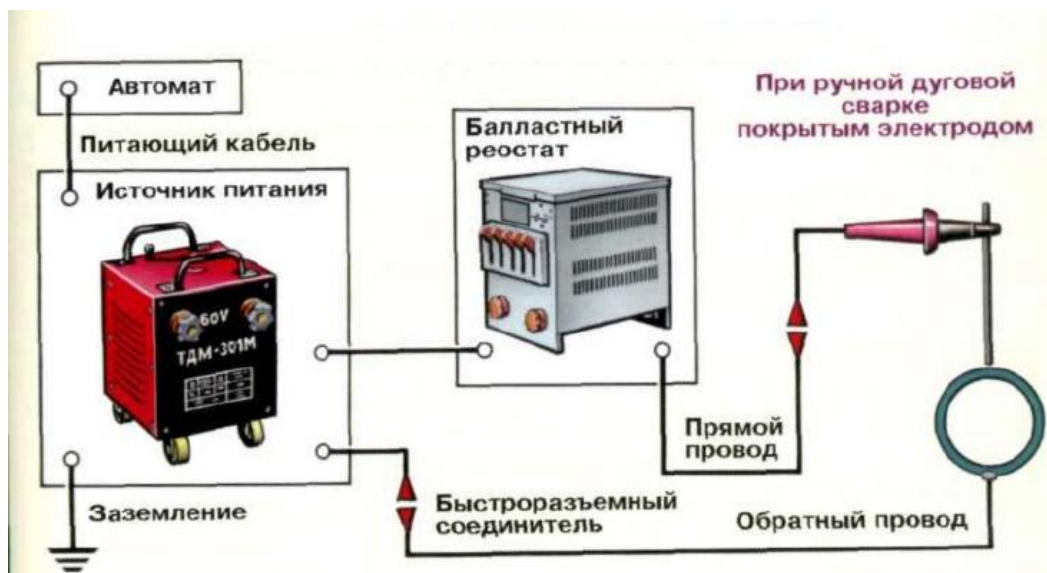


Рисунок 2.2 – Электродуговая сварка отдельными электродами

При сварке трубопроводных систем с проходом более 8 см при толщине стенок 4 и более миллиметров наиболее распространенным способом сварки является ручная дуговая сварка, осуществляемая с помощью электродов с защитным покрытием.

Примечательно, что данный способ сварки в 2 раза дешевле газовой сварки. данный способ сварки применяется в монтажных условиях, где использование средств механизации затруднительно.

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 механизации и автоматизации процесса сварки изделий.

Сварка порошковой проволокой (рис. 2.3) является одним из наиболее перспективных электродуговых процессов формирования сварных соединений с требуемыми свойствами и химсоставом. В начале 1950-х годов И.И. Фрумин предложил применять порошковую проволоку для автоматической наплавки под флюсом валков прокатных станов. Было организовано производство наплавочной порошковой проволоки на

Магнитогорском метизно-металлургическом заводе. Идея использования порошковой проволоки в качестве сварочного материала оказалась весьма плодотворной. Во второй половине XX в. проводили исследования электрофизических, металлургических и технологических процессов сварки и наплавки порошковой проволокой. В результате разработано большое количество различных типов порошковых проволок разного назначения, созданы и отлажены технологии сварки и наплавки, а также промышленное оборудование и технологии производства порошковых проволок. Созданы материалы для сварки и наплавки в защитных газах, материалы, не требующие дополнительной защиты (самозащитные порошковые проволоки), порошковые проволоки для подводной, дуговой (электрогазовой) и электрошлаковой сварки с принудительным формированием металла швов, а также для десульфурации и легирования металлических расплавов.

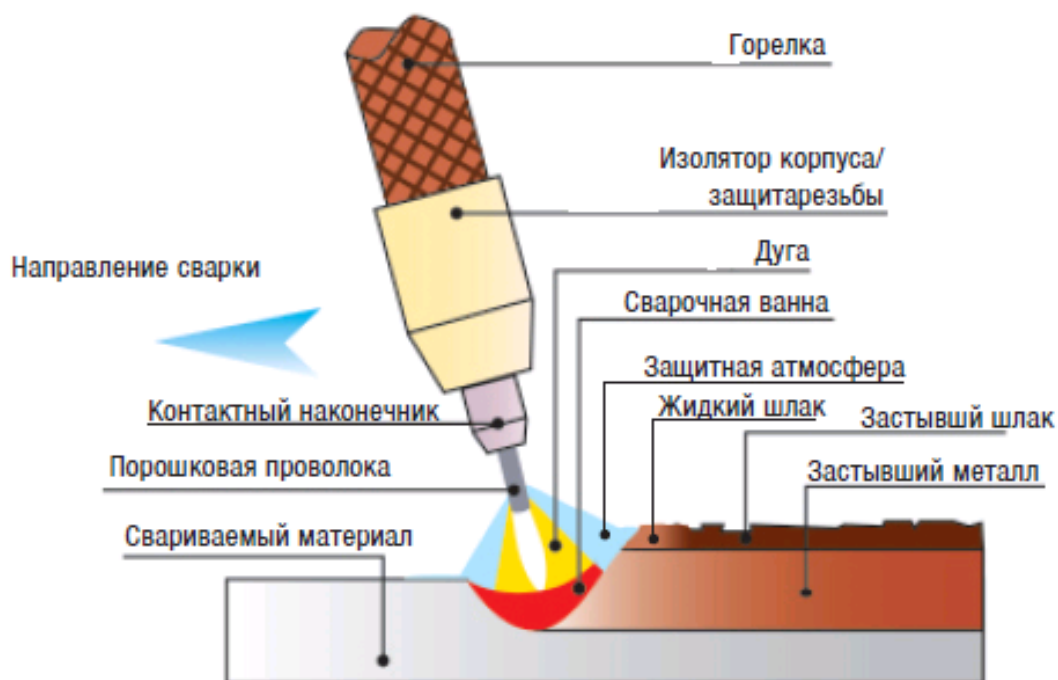


Рисунок 2.3 – Схема дуговая сварка с использованием порошковой проволоки

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.

Данный вид сварки подходит для труб из углеродистых и кремне-марганцовистых сталей. Схема сварки под флюсом представлена на рисунке 2.4.

Толщина флюсового слоя должна находиться в диапазоне от 4 до 5 см. Для обеспечения надежного удержания флюсового слоя на поверхности свариваемых труб применяются флюсовые коробки, которые плотно прилегают к их поверхностям.

Широкое применение данного способа ограничено его следующими недостатками. Во-первых, наличие флюса приводит к изменению химсостава металла шва. Во-вторых, необходимо следить за равномерностью нанесения флюса, т.к. в противном случае не будет обеспечена надежная защита зоны сварки. В-третьих, для выполнения сварки под флюсом необходимо специальное сложное оборудование.

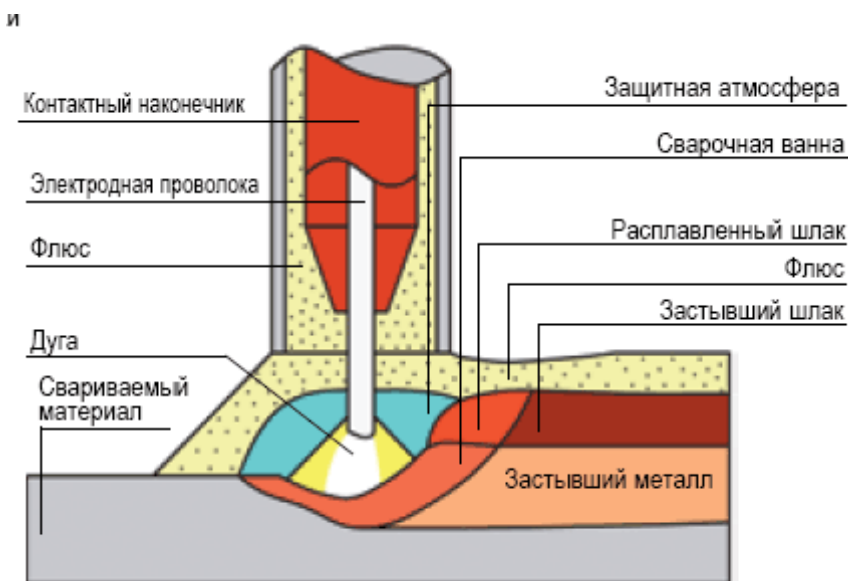


Рисунок 2.4 – Сварка под флюсом

При сварке стыков труб при любых диаметрах поперечного сечения и при толщине стенок 3 миллиметра и более возможно применение **механизированную сварки в среде CO_2 газа**. Схема данного вида сварки представлена на рисунке 2.5.

При этом сварки проводится на токах обратной полярности с использованием переносных полуавтоматов А-929С (А-1011), А-825М, А-547 и др.

Для осуществления механизированной сварки в среде CO_2 газа требуется следующее оборудование: механизм, подающий проволоку, шкаф управления процессом сварки, осушитель защитного газа, катушка для хранения проволоки, баллон с CO_2 , площадка для подогревания баллона с газом, источник сварочного тока, редуктор.

Присадочная проволока должна подбираться с учетом марки свариваемых труб. Диаметр поперечного сечения сварочной проволоки – 1,2 миллиметра. При выполнении швов в нижнем положении разрешено использование проволоки диаметром 1,6 миллиметров.



Рисунок 2.5 – Схема сварки в среде защитного газа с использованием электродной проволоки

Достоинствами сварки в среде CO_2 газа являются относительно высокая производительность процесса сварки, простота реализации способа, возможность выполнения сварки в любых пространственных положениях сварного шва.

Недостатками сварки в среде CO_2 газа являются наличие эффекта разбрызгивания расплавленного металла, сниженная мобильность сварщика из-за применяемого оборудования, низкая пластичность металла в зоне сварки.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. В литературных источниках [6] указано, что дуговая сварка в защитных газах наиболее распространена среди других способов сварки плавлением.

В различных сферах машиностроения доля полуавтоматической сварки с использованием проволок сплошного сечения достигает 75... 85 %. При этом процесс сварки продолжает модернизироваться путем внедрения новых технологий.

Основной задачей применения новых технологий являются увеличение показателей производительности сварочного производства, также повышения качества соединений.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

Развитие алгоритмов управления технологическими процессами позволило осуществить совершенствование различных подходов к управлению сварочной дугой. Одним из таких перспективных подходов является введение импульсов тока, с помощью которых можно осуществлять управление массопереносом электродного материала в сварочную ванну.

Многие исследователи занимались проблемой управления массопереносом электродного материала в сварочную ванну при сварке в среде защитных газов. Среди них можно выделить Сагирова Х. Н., Дюргерова Н.Г., Патона Б. Е., Ленивкина В. А., Потапьевского А. Г., Шейко П. П., Князькова А. Ф., Болдырева А. М., и др.

Уже существуют исследования [8,9] объясняющие воздействие формы осциллограммы тока на массоперенос электродного материала в среде защитных газов, благодаря которым стало возможным управлять как формой шва, так и структурой металла шва.

Управления импульсам сварочного тока позволяет:

- управлять процессом массоперенос электродного материала в сварочную ванну;
- снижать потери электродного материала на угар и разбрызгивание;
- осуществлять выполнение сварки в разных пространственных положениях.

Развитие элементной базы в радиоэлектронике привело к появлению силовых транзисторов, отличающихся высоким быстродействием. Это позволило физически реализовать подходы импульсного управления массопереносом электродного материала и стабилизации устойчивости горения дуги.

Алгоритм импульсного управления заключается в следующем:

1) Сначала происходит дуговой разряд, в результате которого образуется крупная капля расплавленного электродного материала, и одновременно с этим расплавленный металл из сварочной ванны, под действием давления дуги, вытесняется из-под электрода.

2) Затем производится снижение тока в течение временного периода t_n равный 3-4 миллисекундам. За этот период времени давление паров на каплю электродного материала снижается и капля приближается к сварочной ванне с расплавленным металлом.

3) При коротком замыкании в течение 1 миллисекунды значение сварочного ток резко понижают. Это необходимо для обеспечения электродной капли со сварочной ванной. После этого напряжение дуги восстанавливают до исходных значений, а ток короткого замыкания растет на протяжении 2-4 миллисекунд.

4) В конце временного периода короткого замыкания на протяжении 1 миллисекунды сварочный ток понижают для обеспечения разрыва перемычки между расплавленной каплей электрода и проволокой без удара газодинамического характера.

5) Затем напряжение дуги восстанавливается до исходных значений. В некоторых случаях возможно кратковременное поддержание повышенного значения напряжения, для обеспечения надежного зажигания дуги.

Данный алгоритм управления электрическими процессами при сварке в CO_2 газе обеспечивает снижения эффекта разбрызгивания металла и способствует устойчивому горению дуги.

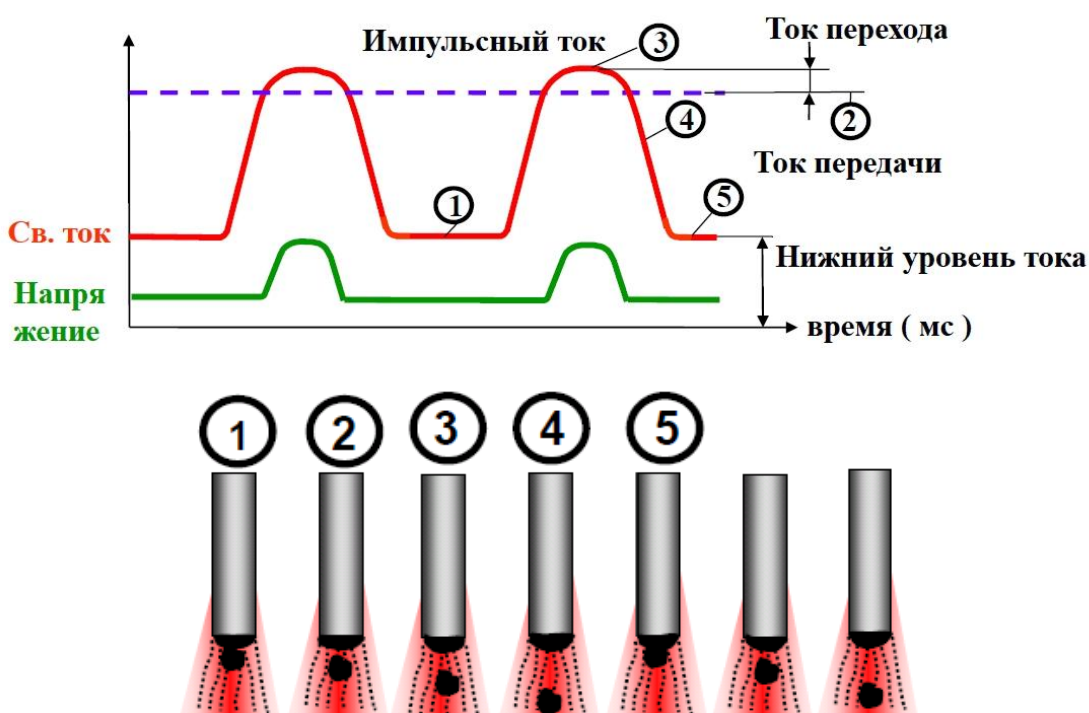


Рисунок 2.6 – Схема импульсной сварки

Первые алгоритмы управления дуговой сваркой, основанные на регулировании сварочного тока были предложены Зайцевым М. П. в начале 50-х годов прошлого столетия. С тех пор было опубликовано множество научных статей на тему применения импульсных методов при управлении дуговой сваркой.

Основными достоинствами импульсно-дуговой сварки являются:

- возможность обеспечения мелкокапельного массопереноса электродного материала при значениях сварочного токах намного меньше критических;

- возможность уменьшения вложения тепла металл при требуемой глубине проплавления, что существенно снижает эффект термических напряжений и термических деформаций свариваемых деталей;

- снижение сложности сварки при различных пространственных положениях сварного соединения;

- возможность повышения качества металла сварного шва и его физико-механических свойств.

Основная идея алгоритмов управления массопереносом электродного металла заключается в воздействии на различные величины и время приложения сил, отвечающих за образование электродной капли и ее перенос в сварочную ванну.

Сейчас используются различные принципы управления переносом электродного материала в зону сварки:

- Управление механическими воздействиями на электродную проволоку для придания ей движения в требуемые промежутки времени [11, 12].

- Управление электрическими параметрами процесса дуговой сварки в среде защитных газов [13, 14, 15].

- Управление силой потока защитного газа, оказывающего воздействие на расплавленную каплю электрода [16].

2.3 Описание устройства для импульсной сварки

Устройство [17] для сварки (рис. 2.7) состоит из источника 1 постоянного тока, к положительному выводу которого подсоединены включенные последовательно коммутирующий дроссель 2, силовой тиристор 3, зашунтированные резистором 4, и сварочный дроссель 5, причем параллельно коммутирующему дросселю 2 включены последовательно соединенные вспомогательный тиристор 6 и коммутирующий конденсатор 7, соединенный параллельно с цепью из зарядного дросселя 8 и первого диода 9, анод которого соединен с анодом второго диода 10 через зарядный тиристор 11, а катод второго диода 10 соединен с анодом третьего диода 13, причем катод последнего соединен с катодом силового тиристора 3, при этом первая обкладка фильтрующего конденсатора 12 подключена к положительному выводу источника 1; вторая обкладка фильтрующего конденсатора 12 подключена к точке соединения катода второго диода 10 и анода третьего диода 13, а точка соединения анода второго диода 10 и катода зарядного тиристора 11 подключена к отрицательному выводу источника 1. Управление устройством осуществляется схемой 14 управления.

Ниже, на рисунке 2.8 показаны осциллограммы сварочного тока и напряжения дуги при импульсном управлении сваркой. Сначала происходит короткое замыкание (поз. 1) в результате чего возбуждается дуга на прямой полярности (поз. 2). Затем начинается дозирование энергии на расплавление одной капли электродного материала. Затем сварочную дугу обрывают (поз 3). Капля электродного материала под действием сил поверхностного натяжения и сил тяжести располагается соосно с электродом, что облегчает перенос электродного металла при коротком замыкании. В момент начала короткого замыкания (поз. 4) полярность сварочного тока меняют на обратную. После возбуждения дуги на обратной полярности (поз 5) дозируют энергию на расплавление одной капли причем учитывая различные условия плавления электрода на прямой и обратной полярности, время горения дуги

на обратной полярности устанавливают в 1,3...1,5 раза больше, чем на прямой полярности. По окончании дозирования дугу вновь обрывают (поз 6). Далее весь цикл повторяется.

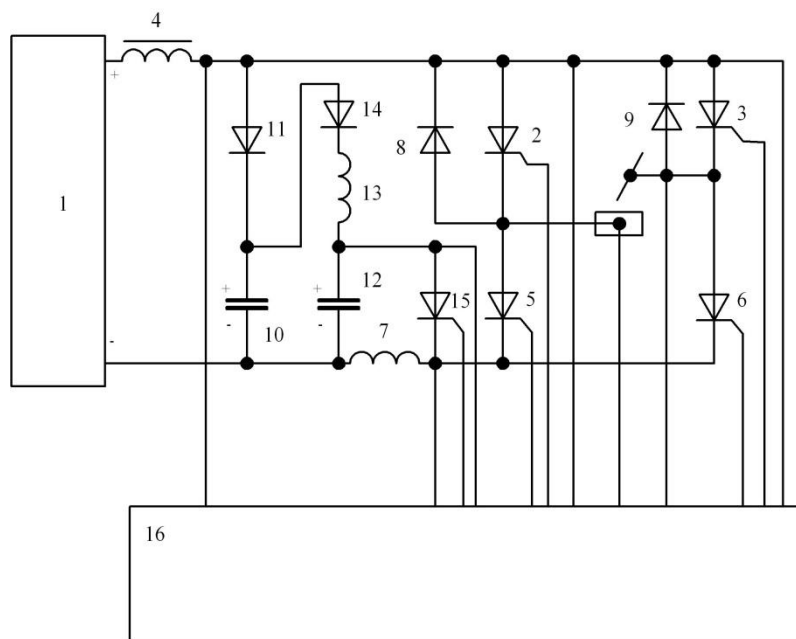
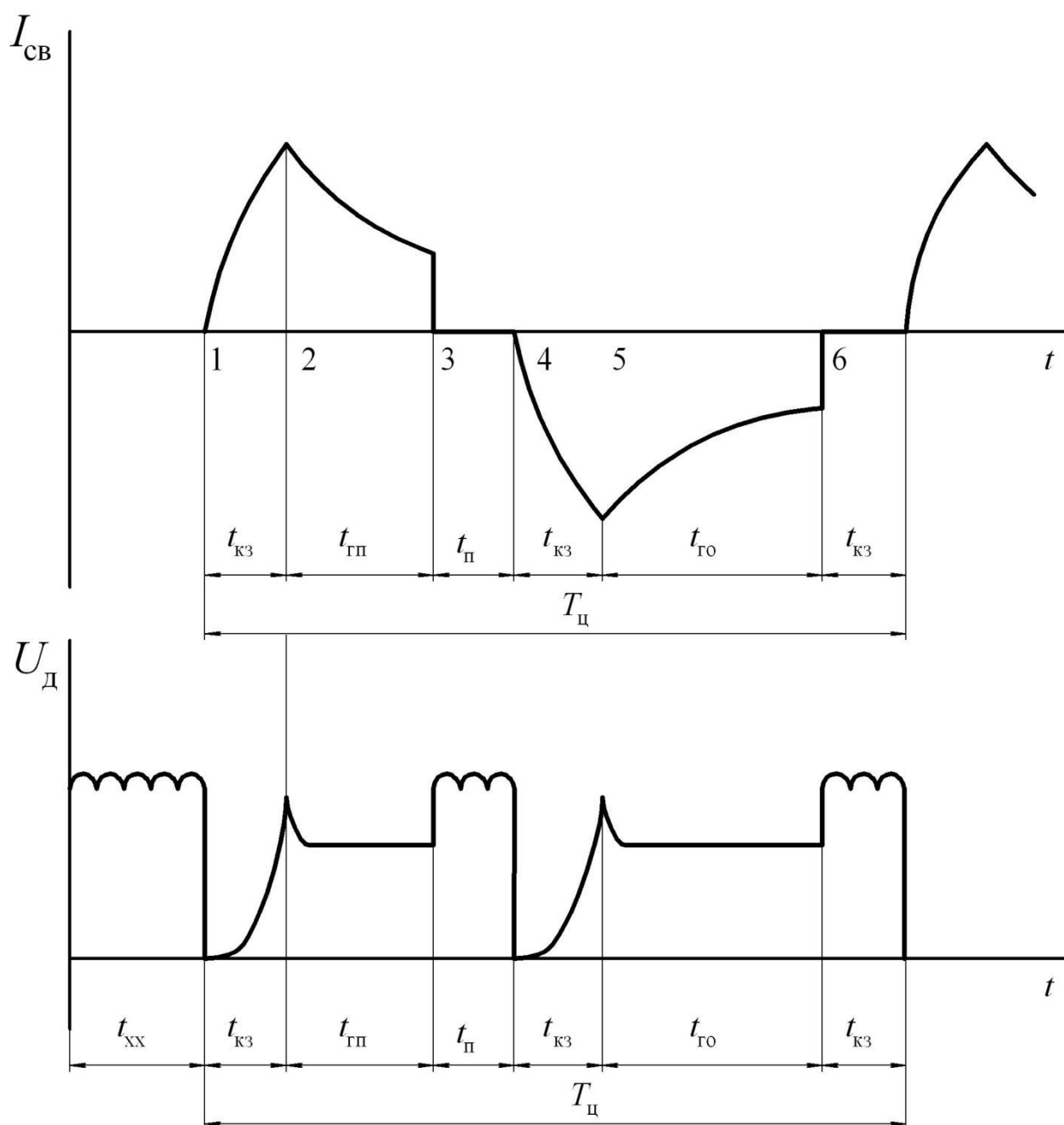


Рисунок 2.7 – Принципиальная схема устройства

Включение силовых тиристоров 2 и 6 обеспечивает прямую полярность на дуге и в дальнейшем они условно именуются как тиристоры прямой полярности, а силовые тиристоры 3 и 5 соответственно как тиристоры обратной полярности, два диода 8 и 9, шунтирующие силовые тиристоры анодной группы в обратном направлении, конденсатор фильтра 10, нижняя обкладка которого подключена к отрицательному полюсу источника питания 1, а верхняя через блокирующий диод 11 — к анодной группе силовых тиристоров преобразователя, коммутирующий конденсатор 12, нижняя обкладка которого подключена к отрицательному полюсу источника питания, а верхняя через зарядный дроссель 13 и блокирующий диод 14 — к верхней обкладке конденсатора фильтра 10, а через вспомогательный тиристор 15 — к катодной группе тиристоров преобразователя блок управлений тиристорами 16.



$t_{кз}$ – временной период в течении которого происходит короткое замыкание дугового промежутка; t_{xx} – временной период холостого хода; $t_{гп}$ – временной период в течении которого дуга горит на токе прямой полярности; $t_{го}$ – временной период в течении которого дуга горит на токе обратной полярности; $t_{п}$ – временной период паузы ставочного тока; $T_{ц}$ – временной период в течении которого происходит расплавление и массоперенос электродного материала

Рисунок 2.8 – Осциллограммы сварочного тока и напряжения дуги

2.4 Описание сборочного приспособления

Для повышения качества технологического трубопровода, снижения время сборки и сварки мною были выбраны приспособления системы Demmeler. Для изготовления секции технологического трубопровода сборку секции будем производить на сварочном универсальном 3D столе системы Demmeler (рис. 2.9).

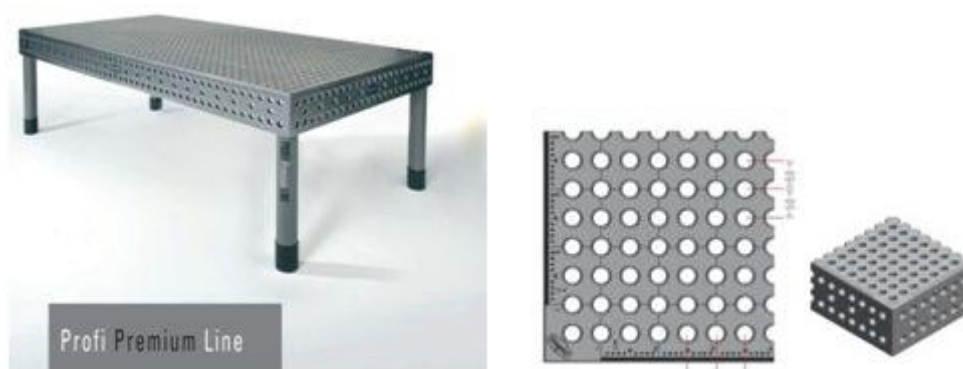


Рисунок 2.9 – Сварочный универсальный 3D стол системы Demmeler

Главными особенностями универсальный 3D стол системы Demmeler являются:

- прочное ребрение (поз.8, рис. 2.10) способствующее высокой грузоподъемности (5000 кг на опору);
- высокое качество стали и умная конструкция, обеспечивающие требуемую жесткость стола;
- большое количество дополнительных крепежных поверхностей;
- наличие координатной сетки отверстий поверхности стола 50×50 миллиметров.

У стола имеется возможность расширения а длину, ширину и высоту. Благодаря координатной сетке отверстий на стол можно установить быстро и с высокой точностью позиционирования требуемые крепёжные элементы.

Вариация рабочего стола 3D размером 2000x1000x850 мм предназначена для тяжелых условий работы и позволяет нести

максимальную нагрузку – 0,95 тонны. Стол 3D оснащен переходной плитой для фланцев (рис. 1.16, поз. 4 на рис. 2.15).

При помощи переходной плиты фланцы можно быстро закрепить с помощью специальных штифтов на поверхности с циркуляционными отверстиями, выдерживая перпендикулярность фланцев относительно трубы.

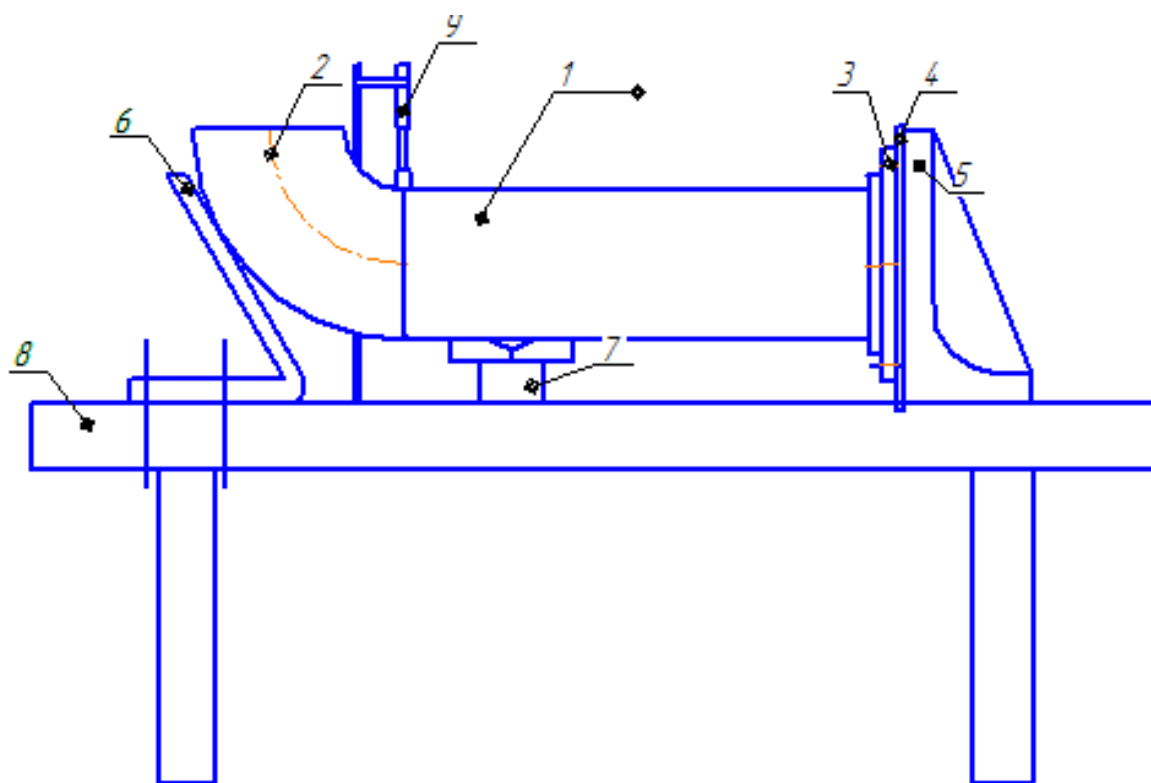


Рисунок 2.10 – Эскиз установки секции «отвод-патрубок-фланец»

Плита крепится к установочному уголку при помощи болтов. Для каждой плиты присутствуют восемь центрирующих штифтов. Крепление переходной плиты для фланцев осуществляется посредством установочного угольника (поз. 5 на рис. 2.10). Размер: 600×187.5×50 мм.



Рисунок 2.11 – Установочная треугольная опора

Патрубок на столе системы Demmeler фиксируется посредством V-образного блока (поз.7 на рис. 2.10). С помощью V-блока выставляется соосность патрубка и фланца.



Рисунок 2.12 – V-блок диаметром 80 mm; 120°

Для крепления секции технологического трубопровода используется установочный угольник (рисунок 2.13, поз. 6 на рисунок 2.10). Данное приспособление позволяет регулировать угол в диапазоне от 0° до 225°. Угол выдерживает момент к проворачиванию до 5000 Н·м.



Рисунок 2.13 – Универсальный зажимной и установочный угольник

Фиксируется патрубок с помощью свингового зажима 180° (рис. 2.14, поз. 9 на рис. 2.10). Максимальная высота зажима (хода) – 100 мм. Регулируемый удлинитель (штанга) – 125 мм.



Рисунок 2.14 – Свинговый зажим

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. 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.

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Подготовка кромок труб;
- 2) Сборка, прихватка, контроль;
- 3) Сварка;
- 4) Контроль качества сварки

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовка кромок труб	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный 3) ацетилен 4) кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Phoenix-351 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	7) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 8) газ углекислый
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) сварочный полуавтомат Phoenix-351 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø1,2 мм 2) газ углекислый
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

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 опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок труб	- 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	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	- 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; - 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 инфракрасной радиации в рабочей зоне	1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Phoenix-351 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
3. Сварка	- 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; - 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 инфракрасной радиации в рабочей зоне	1) сварочный полуавтомат Phoenix-351 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная
4. Контроль качества сварки	- 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	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный

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

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 3.3

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- 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

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 3.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника 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 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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 теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

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. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

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

- 1) Подготовка кромок труб;
- 2) Сборка, прихватка, контроль;
- 3) Сварка;
- 4) Контроль качества сварки

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	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	100	100
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	30000	30000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

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

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

D_{II} – общее количество предпраздничных дней;

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

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_{\text{э}} = 2209 \cdot \left(1 - 7/100\right) = 2054 \text{ ч.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$t_{\text{п-з}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{маш}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

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

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

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{г.баз.} = 2054/6,3 = 326 \text{ стыков за год};$$

$$П_{г.проектн.} = 2054/3,78 = 543 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{г} = 300$ стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

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

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

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

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{расч.б} = \frac{6,3 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,89$$

$$n_{расч.пр} = \frac{3,78 \cdot 300}{2054 \cdot 1,03} = 0,53$$

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:

$$K_{3б} = 0,89/1 = 0,89$$

$$K_{3п} = 0,53/1 = 0,53$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

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:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 6,3 \cdot 100 \cdot 1,88 = 1184,4 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 3,78 \cdot 100 \cdot 1,88 = 710,64 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 1184,4 \cdot 12 / 100 = 142,13 \text{ рублей};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 710,64 \cdot 12 / 100 = 85,28 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 1184,4 + 142,13 = 1326,53 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 710,64 + 85,28 = 795,92 \text{ рублей.}$$

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

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

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

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 1326,53 \cdot 34/100 = 451,02 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 795,92 \cdot 34/100 = 270,61 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

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

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

На – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{50000 \cdot 21,5 \cdot 5}{2054 \cdot 100} = 26,17 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{130000 \cdot 21,5 \cdot 3}{2054 \cdot 100} = 40,82 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

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

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

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 26,17 + 50 = 76,17 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 40,82 + 45,09 = 85,91 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

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

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

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

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

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

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

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{плб}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 6,3}{2054 \cdot 100} = 92$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 3,78}{2054 \cdot 100} = 55,21$$

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 61,34 + 92 = 153,34 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПРпроектн.}} = 36,8 + 55,21 = 92,01 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сб}} + З_{\text{ОБ}} + З_{\text{ПЛ}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 313,98 + 1326,53 + 451,02 + 76,17 + 153,34 = 2321,04 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 178,28 + 795,92 + 270,61 + 85,91 + 92,01 = 1422,73 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 2321,04 + 1,5 \cdot 1184,4 = 2321,04 + 1776,6 = 4097,64 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1422,73 + 1,5 \cdot 710,64 = 1422,73 + 1065,96 = 2488,69 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 4097,64 + 1,15 \cdot 1184,4 = 4097,64 + 1362,06 = 5459,7 \text{ руб.,}$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 2488,69 + 1,15 \cdot 710,64 = 2488,69 + 817,24 = 3305,93 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов ное обозн ачени е	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	313,98	178,28
2	Фонд заработной платы	ФЗП	1326,53	795,92
3	Отчисления на социальные нужды	О _{сн}	451,02	270,61
4	Затраты на оборудование	Зоб	76,17	85,91
5	Расходы на площади	Зпл	153,34	92,01
	Себестоимость технологическая	Стех	2321,04	1422,73
6	Расходы цеховые	Рцех	1776,6	1065,96
	Себестоимость цеховая	Сцех	4097,64	2488,69
7	Расходы заводские	Рзав	1362,06	817,24
	Себестоимость заводская	С _{зав}	5459,7	3305,93

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:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 50000 - (50000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 17750 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 17750 \cdot 0,89 = 15798 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 130000 \cdot 1,05 \cdot 0,53 = 72345 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 50000 \cdot 0,05 = 2500 \text{ руб.}$$

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

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:

$$K_{\text{МОНТ}} = 130000 \cdot 0,05 = 6500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 2500 + 6500 = 9000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 72345 + 9000 = 81345 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{ДОП}} = 81345 - 15798 = 65547 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 15798 / 300 = 52,66 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 80111 / 300 = 267,04 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности

проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

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

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

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

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

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

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{2321,04 - 1422,73}{2321,04} \cdot 100\% = 39\%$$

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

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

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (5459,7 - 3305,93) \cdot 300 = 646131 \text{ руб.}$$

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:

$$T_{OK} = \frac{65547}{646131} \approx 0,5$$

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:

$$\Delta_{г} = 646131 - 0,33 \cdot 65547 = 624500 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

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

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 40 %, увеличение производительности труда на 66,7 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 39 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 846 тыс. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 624 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повысить производительность сборки и сварки, качество сварных швов технологического трубопровода отвода воды.

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

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных стыков технологических трубопроводов отвода воды. В проектом 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 снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

На основании анализа научной информации был произведён анализ способов повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе. Разработана проектная технология сборки и сварки стыка трубопровода. В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 40 %, повышению производительности труда на 66,7 %, снижению технологической себестоимости на 39%. Расчётная условно-годовая экономия составляет 624 тыс. руб.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 153-34.1-003-01 «Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования»
2. Суворов, А.Ф. Сварочно-монтажные работы в трубопроводном строительстве: учеб. пособие для вузов / А.Ф. Суворов [и др.] // М.: ЗАО «Звезда», 2006. – 240 с.
3. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
4. Юхин, Н.А. Ручная сварка при сооружении и ремонте трубопроводов пара и горячей воды / Н.А. Юхин. – М.: СОУЭЛО. – 2007. – 57 с.
5. Выпрямитель сварочный типа ВДУ 506 УЗ: Паспорт ИЕГВ 435 312.016 ПС / Калининградский завод «Электросварка». – 1989. – 37 с.
6. Карасев, М.В. Анализ наиболее эффективного использования различных видов сварочного оборудования и сварочных материалов в производстве металлоконструкций / М.В. Карасев, С.В. Исаков, Д.И. Работинский, А.В. Симонова // Сварка в Сибири. – 2002. – № 1, 2.
7. Шлепаков, В.Н. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки / В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук, С.М. Наумейко, А.В. Билинец // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 18–22.
8. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.
9. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

10. Крампит А.Г., Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю. Совершенствование процесса импульсно-дуговой сварки в CO_2 в щелевую разделку // Сварочное производство. – 2004. – №1. – С.36-38.
11. Крюков, А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки. – Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. – 2008.
12. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, В.Н. Бучинский и др. // Автоматическая сварка. -1977. - № 1. - С. 1-5, 15.
13. Крампит Н.Ю. Разработка и исследование процесса импульсного питания при сварке в CO_2 длинной дугой плавящимся электродом. – Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. – 2000.
14. Патон Б. Е., Шейко П. П., Пашуля М. П. Автоматическое управление переносом металла при импульсно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. -1971. - № 9. - С. 1-3.
15. Ищенко Ю. С., Тушева Н. В. Модель расчета перехода капли в ванну при коротком замыкании // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1990, Вып. 5. - С. 8-14.
16. Тарасов Н. М., Тулин В. М. Управление переносом электродного металла кратковременным повышением скорости истечения защитного газа // Сварочное производство. – 1982. - № 8. - С. 23-25.
17. А.с. 1738525. Устройство для сварки. БИ № 21, 1992.
18. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
19. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
20. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

21. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
22. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
23. 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.
24. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
25. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
26. 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.
27. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
28. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
29. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
30. 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, - 135с.