

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные

(наименование кафедры)

процессы»

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология и оборудование для сварки промышленных газопроводов

Студент

А.В. Ишкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(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 2019

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке промышленных трубопроводов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) выбран перспективный способ сварки, повышена его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции;
- 2) произведен обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установлены параметры режима сварки;
- 3) составлена проектная технология сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования;
- 4) произведен экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;
- 5) произведена экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Пояснительная записка содержит __62__ стр., __8__ рисунков, _12_ таблиц.

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки.

Часть стыков предложено выполнять в стационарных условиях механизированным способом и с применением разработанного приспособления. Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением проволоки сплошного сечения.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	7
1.2. Свойства материала газопровода	9
1.3 Базовый технологический процесс сварки.....	12
1.4 Задачи работы.....	17
2 Разработка технологического процесса.....	19
2.1 Анализ возможных способов дуговой сварки газопровода.....	19
2.2 Технология сварки.	23
3 Оборудование.	26
4 Безопасность и экологичность технического объекта.	29
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	29
4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб промышленного газопровода.	30
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков	30
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....	31
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	33
4.6 Заключение по разделу	35
5 Экономическая эффективность проекта.....	36
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	37
сравнимых вариантов	37
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	38
5.3 Расчет затрат на новое оборудование	39
5.4 Расчет технологической себестоимости	42

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	50
5.6 Выводы по разделу.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

Промысловые газопроводы предназначены для того, чтобы осуществлять транспорт газа непосредственно от скважин к различным объектам в границах промысла. При этом промысловые газопроводы подразделяются на внутренние, располагаются непосредственно на газопромысле и местные, соединяющие газопромыслы с магистральными трубопроводами, как правило. Для обеих вариантов характерным является малая протяженность газопровода, малые диаметры газопровода.

Промысловые газопроводы располагают при прокладке, преимущественно, над землей и под землей. При надземной прокладке минимален объем дорогостоящих земляных работ, не требуется защита от блуждающих токов. К недостаткам данного варианта следует отнести загроможденность территории газового месторождения, расходы на опоры.

Рассматриваемый газопровод проложен над землей и относится к внутренним. Действующий технологический процесс сварки такого трубопровода предусматривает дуговую сварку штучными электродами. Применение данного технологического процесса, с учетом того, что обустройство промысла, как правило, ведется при отсутствии дорог и баз строительства, является логичным. Оборудование для дуговой сварки штучными электродами (метод ММА) является мобильным, простым в эксплуатации. С другой стороны обширная номенклатура присадочных материалов высокого качества и достаточный уровень подготовки исполнителей обеспечивают высокое качество сварных соединений.

Однако применение инверторных и информационных технологий при производстве источников питания позволяет успешно практиковать при сварке промысловых газопроводов и способы механизированной сварки. Главное преимущество в данном случае – рост производительности труда сварщика за счет устранения потерь времени на замену израсходованного штучного электрода и сварки при более высоких значениях сварочного тока. Конечно, при диаметре трубы 75...150 мм указанные преимущества не столь

значимы, как при сварке магистральных трубопроводов больших диаметров, тем не менее, переход на механизированную сварку при сварке промышленных газопроводов является актуальным.

Отсюда формулируем цель настоящей работы – повышение производительности при сварке промышленных газопроводов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Схема рассматриваемого промышленного газопровода показана на рисунке 2.1. Размеры труб $\text{Ø}76 \times 3,5$ мм. Общая протяженность газопровода составляет 520 метров.

Проектом предусмотрено, что сварные соединения труб газопровода по своим физико-механическим свойствам должны соответствовать основному материалу свариваемых труб. Типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений должны соответствовать действующим стандартам. Предусмотрены стыковые соединения труб С2 и угловые У-18, как поворотные стыки, так и неповоротные.

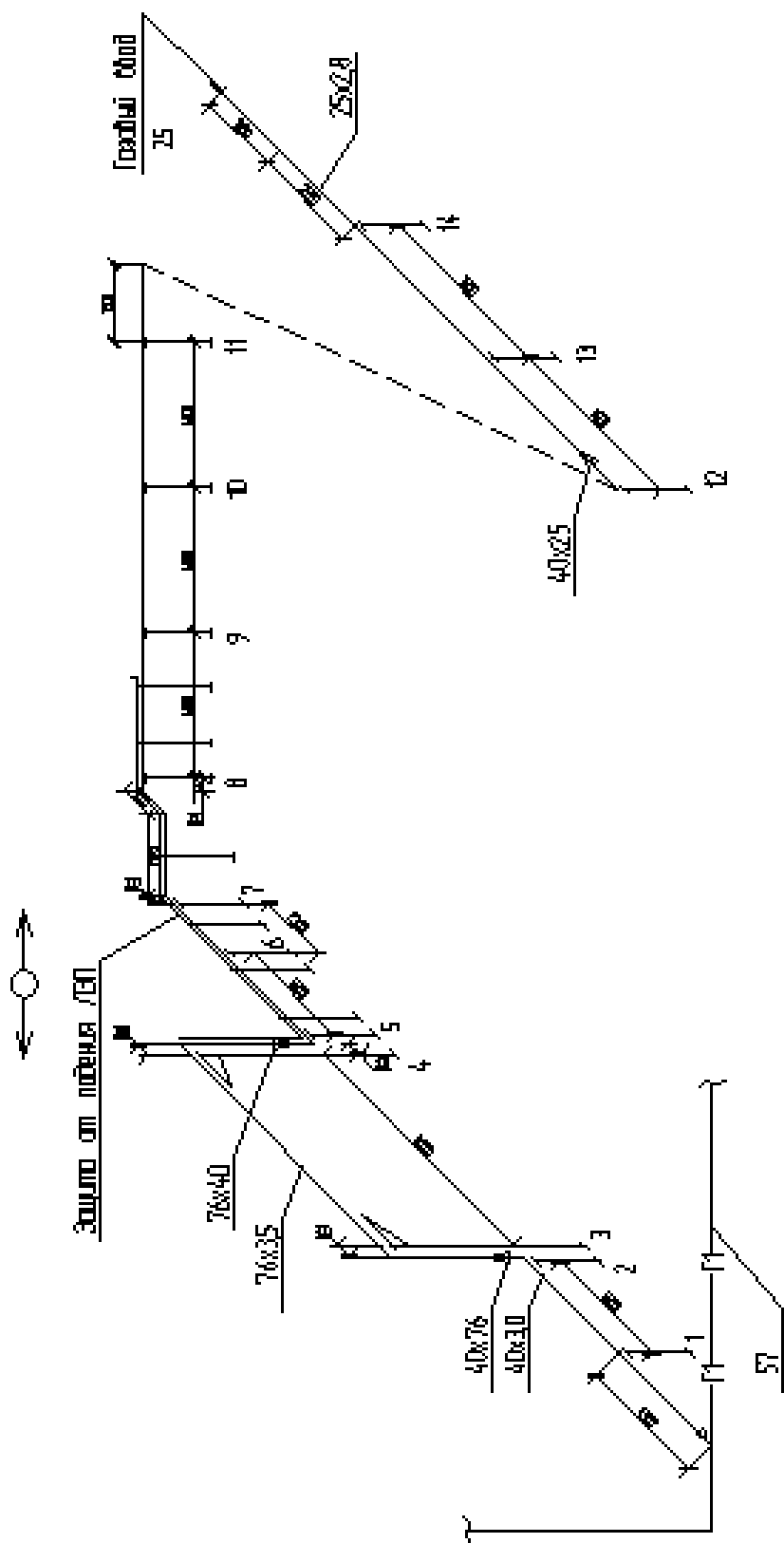


Рисунок 1.1 – Схема аксонометрическая газопровода

1.2. Свойства материала газопровода

Трубы газопровода изготовлены из стали 20. Химический состав стали 20 приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Нормируемый химический состав стали 20 в %, ГОСТ 19282-73

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Медь	Никель	Сера	Фосфор
				Не более			
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	До 0,25	0,25	0,25	0,04	0,04

Механические свойства стали 20 приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 20

Временное сопротивление, σ_B МПа	Предел текучести, σ_T МПа	Относительное удлинение, δ_0 , %
Не менее		
420	250	25

Для обоснованного выбора способа сварки, присадочных материалов и режимов сварки изделия необходима предварительная оценка свариваемости его материала. Методикам оценки свариваемости посвящены как отечественные, ГОСТ 29273–92, так и зарубежные, ИСО 581–80, стандарты.

Следует отметить, что принципиальный подход в оценке свариваемости совпадает и в отечественных и зарубежных стандартах. Его основу составляет комплексность в подходе, а именно, свариваемость зависит от множества факторов. Выделяют следующие четыре фактора, от которых зависит свариваемость. Первый фактор – это материал, его химический состав и, соответственно, свойства. Второй фактор – технология сварки. К третьему фактору относят тип сварной конструкции. И четвертый фактор – функциональное назначение конструкции.

Таким образом, заданный материал обладает свариваемостью, если при данном технологическом процессе сварки конструкции удастся получить

соединение, которое отвечает техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

Технические требования на данное изделие сформулированы в документации на его производство. Понятное дело, что разные сварные металлоконструкции эксплуатируются в разных условиях и требования к ним разные. Если из всего перечня эксплуатационных показателей, предъявляемых к сварной конструкции хотя бы один не достигается, при данном способе сварки, то материал не обладает свариваемостью. Однако применив другой способ сварки можно обеспечить достижение заданных значений всех эксплуатационных показателей, следовательно, при данном способе сварки материал будет обладать свариваемостью.

Поэтому анализируя свариваемость, исходя из указанных ранее факторов оценки, можно получить разные значения свариваемости.

Материал, соединенный одним способом сварки для изделия в одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а для других условий эксплуатации может быть признан не обладающим свариваемостью.

Материал, соединение которого одним способом сварки получить не удастся, другим способом успешно соединяется.

Конструкция сварного соединения и его местоположение на металлоконструкции может быть таким, что соединение, отвечающее заданным условиям эксплуатации получено не может быть. В то же время, другой тип соединения, выполненный тем же способом сварки обеспечит получение соединения, отвечающего заданным условиям эксплуатации. Следовательно, материал свариваемостью обладает.

Для количественной оценки свариваемости производят вычисления по формулам, главным в которых является учет содержания химических элементов. Например, при расчете по соответствующей формуле свариваемости низкоуглеродистой низколегированной стали принимают во внимание содержание в стали таких химических элементов, как

C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P. В зависимости от содержания перечисленных элементов выполняется расчет углеродного эквивалента. Формула, по которой можно рассчитать эквивалент углерода для таких сталей выглядит следующим образом [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После того, как определено численное значение эквивалента углерода начинается анализ его значений. Если полученные значения эквивалента углерода не превышают 0,25 данная сталь, а речь идет о низкоуглеродистой низколегированной стали, считается хорошо сваривающейся. Если значение эквивалента углерода превышает 0,25 но менее 0,35 то сталь считается удовлетворительно сваривающейся. Такие стали мало склонны к образованию холодных трещин, в ряде случаев требуется предварительный подогрев изделия. При значениях эквивалента углерода превышающих 0,35 но менее 0,45 то сталь считается ограниченно сваривающейся. В данной стали возможно образование закалочных структур, могут появляться холодные трещины. Поэтому применяют специальные технологические приемы.

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$\text{HCC} = \frac{C \left(S + P + \frac{\text{Si}}{25} + \frac{\text{Ni}}{100} \right) 10^3}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}},$$

Аналогично первой формуле после выполненных расчетов проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя и по величине предела прочности.

Конечно, приведенные формулы не учитывают всего многообразия действующих на конструкцию факторов и всех нюансов технологического процесса сварки. Поэтому, в ряде случаев, для более точного ответа на вопрос о свариваемости того или иного материала руководствуются

результатами сварки т.н. технологических проб. В мировой практике сварщиков можно насчитать около 300 разных технологических проб. В основном пробы позволяют оценить свариваемость по образованию холодных или горячих трещин.

1.3 Базовый технологический процесс сварки

Первая операция базового технологического процесса – входной контроль включает в себя следующее:

- проверку сопроводительных документов на трубы, сварочные материалы;
- проверку качества сварочных материалов;
- проверку сварочного и иного применяемого оборудования, контрольно-измерительных приборов и мерительного инструмента;
- проверку удостоверений и сертификатов у производственного персонала.

Непосредственно перед использованием на сварочном участке контролируют была ли выполнена операция прокалки электродов и не закончился ли срок годности после прокалки.

Непосредственно перед использованием внутренние полости труб очищают от загрязнений - снега, грунта и иное. Подготовленную для сварки трубу поднимают к месту монтажа подъемным краном. С учетом малого диаметра трубопровода при сборке применяют наружные центраторы эксцентрикового или звенного типа. При этом центратор не должен оставлять на поверхности свариваемых труб недопустимых дефектов и загрязнений.

Далее, если сварка выполняется при температуре окружающего воздуха менее минус 5°С необходим предварительный подогрев свариваемых кромок. Если температурные условия позволяют обойтись без предварительного подогрева, при наличии влаги на кромках их просушивают нагревом до температуры 20 - 50°С. Для перечисленных операций в базовом технологическом проекте применяют однопламенную газовую горелку и контактный термометр для контроля величины нагрева.

По окончании подготовительных операций выполняют сборку труб. Сборку осуществляют на прихватках. Требования к прихватке: швы следует

располагать равномерно по периметру стыка, число прихваток – 3...4 штуки, длина одной прихватки – 24...30 мм, высота прихватки – 5 мм. Прихватки следует выполнять с полным проплавлением и переваривать их при наложении первого слоя шва. Нельзя выполнять прихватки на потолочном участке стыка.

При выполнении прихваток диаметр электродов 3 мм, сила тока 90-100 А. Прихватки нужно зачистить, причем, начало и конец прихваток зачистить шлифовальным кругом.

Сварку выполняют короткой дугой, длина которой не должна превышать одного диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги необходимо заплавить кратер. Последующее зажигание дуги производится на кромке трубы или на металле шва на расстоянии 20...25 мм от кратера. Для избежания зашлаковки металла шва около кромок труб следует наплавлять плоский валик.

При сварке используются электроды УОНИ 13/45 Ø3 мм. Ток сварки – 70...90 А, напряжение дуги – 22...26 В. Ток постоянный, полярность обратная. Высота валика сварного шва должна быть 2...4 мм, ширина валика – 4...10 мм.

Дугу необходимо зажигать в разделке кромок или на поверхности уже выполненного валика шва.

Освобождать стягивающие механизмы центратора разрешено после выполнения сварки корневого слоя шва на 60% от всего периметра стыка труб. При этом участки с выполненным корневым слоем шва должны быть равномерно расположены по периметру сварного соединения труб. Начало и конец каждого участка корневого слоя шва следует подвергать механической обработке шлифмашинкой.

При сварке заполняющих слоев следует обеспечить смещение начала и окончания сварки каждого последующего слоя сварного шва относительно начала и окончания сварки предыдущего слоя шва. При этом начало сварки необходимо сместить на 30 мм, а окончание сварки – на 70 мм.

Сварку основного слоя шва выполняют, оставляя незаполненную до краёв разделку, при этом остаточная глубина по всему периметру стыка должна быть 1,0...1,5 мм. Эта незаполненная глубина используется для наложения облицовочного слоя.

По окончании сварки стыка производится контроль. Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4-7-кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света. Контролируют 100% сварных швов после их очистки от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений на ширине не менее 20 мм по обе стороны от шва.

По внешнему виду швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- форма и размеры должны соответствовать С2 и У18 по ГОСТ 16037;
- поверхность швов должна быть гладкой или равномерно-чешуйчатая;
- переход от наплавленного металла к основному должен быть гладким;
- швы не должны иметь недопустимых дефектов.

В сварных соединениях не должно быть следующих наружных дефектов: трещины всех видов и направлений, свищи и пористость наружной поверхности шва, подрезы, наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры, грубая чешуйчатость поверхности шва, наружные поры и цепочки пор, подрезы основного металла.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами. Для нашего трубопровода 1 категории контролируют 100% сварных швов после их очистки от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений на ширине не менее 20 мм по обе стороны от шва.

С учетом ответственности газопровода применяется еще и

радиографический контроль, 20%. Малый диаметр трубопровода не позволяет применить ультразвуковой метод контроля.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512—82 и РД 34 10.068—91. При радиационном методе контроля изображение контролируемого объекта формируется посредством рентгеновского, гамма- или тормозного излучений на радиографической пленке, фосфорной пластине или в памяти компьютера, если применяется устройство радиометрического контроля, непосредственно формирующее цифровое изображение.

Традиционно расшифровку радиационных изображений выполняют вручную с применением компьютера или без него. Если носителем информации является радиографическая пленка, то расшифровку выполняют с использованием негатоскопа, денситометра и измерительных инструментов (вариант без компьютера). Если изображение оцифровано, то расшифровка выполняется на компьютере в программе, которая выводит изображение на экран монитора и предоставляет дефектоскописту необходимый набор ручных операций обработки этого изображения. Оба способа обработки радиационных изображений весьма трудоемки и субъективны. Кроме того, существенным недостатком расшифровки без применения компьютера является нерешенность проблемы долгосрочного хранения радиографических пленок. В настоящее время хранение любой информации, представленной в цифровой форме, включая цифровые изображения, обеспечивается достаточно легко. Для этого создают электронную базу данных, доступ к которой реализуется с помощью одной из современных систем управления базами данных.

Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, указанного в данных нормативных документах, или менее требуемой чувствительности, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных

скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

Применяем рентгеновский аппарат Арина-7. Он снабжен источником автономного питания СПРУТ-ИПА 24.18 Кроме того, применяется расходный материал – рентгеновская пленка.

После монтажа подводящего газопровода выполнить испытание газопровода на герметичность давлением $P=0,01$ МПа в течение 5 минут.

К недостаткам базовой технологии следует отнести использование ручной дуговой сварки штучными электродами. Штучные электроды с покрытием являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях. Обустройство сварочного поста требует небольших капитальных вложений в оборудование, а расходы на электроды относительно невелики [9].

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

К следующему недостатку следует отнести подетальную сборку в условиях монтажа. Каждую трубу, отвод, необходимо поднимать к месту монтажа и производить требуемые для сварки манипуляции используя для сборки и центровки достаточно простые приспособления, которые также следует поднять на нужную высоту. Кроме того, установка универсальных приспособлений требует высокой трудоемкости для обеспечения заданной

точности при сборке.

Рассмотрим возможные варианты исправления существующих недостатков базовой технологии, таблица 1.6.

Таблица 1.6 – критический анализ технологии сборки и сварки

Элементы исследуемого технического решения	Недостатки	Предложения по устранению недостатков
1	2	3
Ручная дуговая сварка	Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Подетальная сборка газопровода в условиях монтажа	Высокая трудоемкость при подетальном монтаже трубопровода, когда каждая труба, отвод, катушка, тройник монтируются на месте.	Предложен поузловой вариант, когда несколько деталей в условиях стационарной площадки укрупняются в узел, монтируемый на месте.
Сборка компонентов трубопровода с применением универсальных приспособлений	Применение центратора, струбцин клиньев зазорников при сборке под сварку характеризуется высокой трудоемкостью и низкой точностью сборки.	В условиях монтажной площадки возможно применение сборочного приспособления.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке промышленных газопроводов.

При выполнении анализа состояния вопроса были рассмотрены операции типового технологического процесса сварки стыков промышленных трубопроводов с использованием ручной дуговой сварки, выявлены и обозначены возникающие в процессе его реализации недостатки.

На основании проведённого анализа сформулируем задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Подобрать способ механизированной сварки для замены применяемого способа дуговой сварки штучными электродами;
- 2) Разработать технологический процесс сборки и механизированной сварки газопровода проволокой при монтаже и в стационарных условиях;
- 3) Разработать приспособление для сварки;
- 4) Разработать мероприятия по технике безопасности;
- 5) Экономически обосновать проект.

2 Разработка технологического процесса

2.1 Анализ возможных способов дуговой сварки газопровода.

Ручная дуговая сварка штучными электродами, рисунок 2.1, являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях. Обустройство сварочного поста требует небольших капитальных вложений в оборудование, а расходы на электроды относительно невелики.

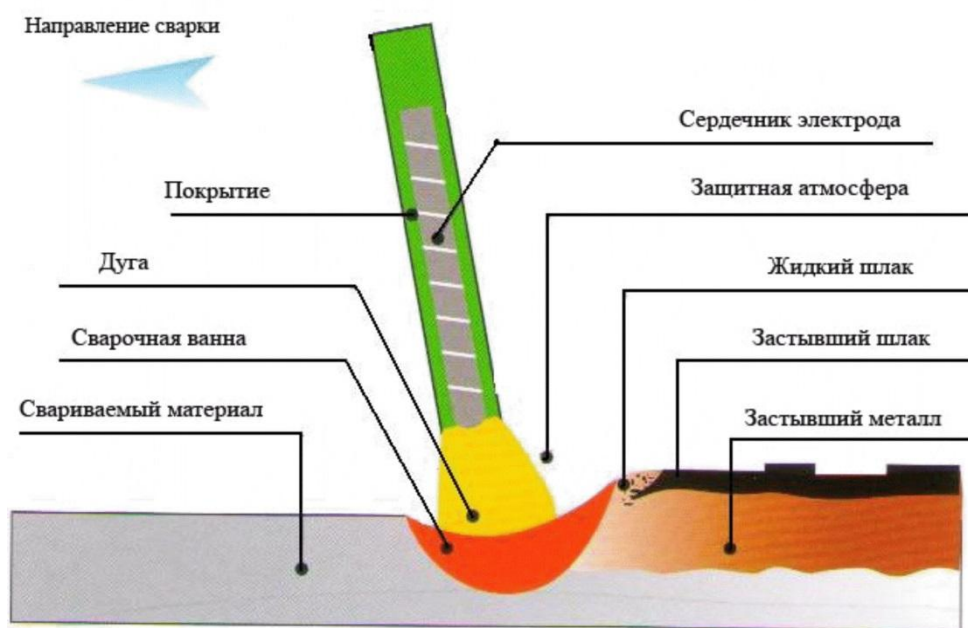


Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой сварки штучными электродами

Уровень технологии изготовления и поставки заказчикам электродов на ведущих предприятиях стран СНГ существенно вырос и приблизился к мировому по основным показателям. Решены вопросы качества нанесения покрытия, стартового участка, маркировки, расфасовки и упаковки. Номенклатура электродов остается относительно узкой. Отчасти это связано с объективными причинами состояния рынка потребления.

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить

широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

Механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения (рис 1.3) в ведущих в экономическом отношении странах мира составляет более половины всего производства [14]. При разделении по классам свариваемого металла проволоки используют преимущественно для сварки углеродистых и низколегированных, нержавеющей сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов. Для достижения требуемых служебных свойств сварных соединений возможно регулирование показателей за счет состава не только проволоки, но и защитного материала (моногазы или смеси газов).

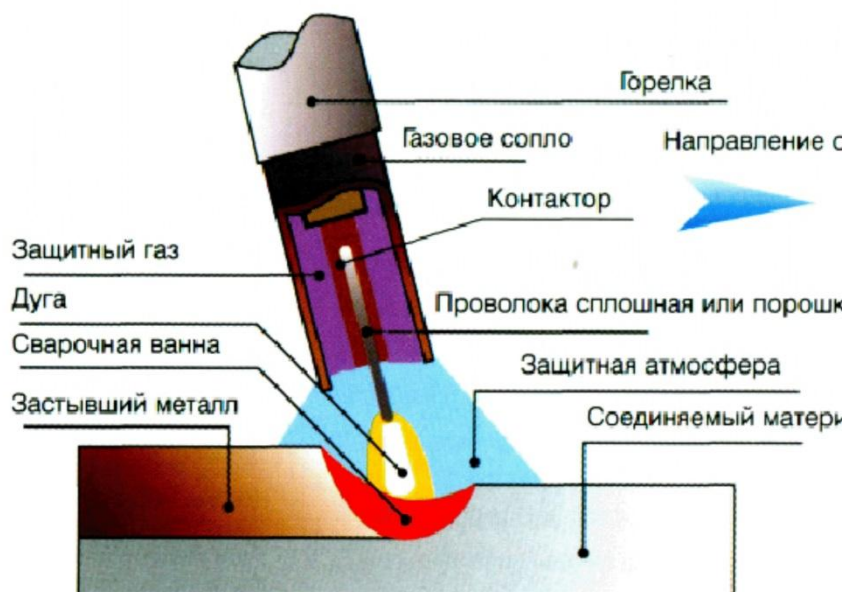


Рисунок 2.2 – Схема механизированной сварки в защитных газах

Плотность тока при сварке проволоками сплошного сечения существенно выше, чем штучными электродами, что позволяет регулировать характеристики плавления в широких пределах, реализовать синергетические и комбинированные управляемые процессы для сварки различных металлов и объектов применения. В частности, управление переходом электродного

металла в шов может обеспечить устойчивые характеристики при переносе с короткими замыканиями, капельном без замыканий, осевом струйном, пульсирующем струйном или модульно-регулируемом по поверхностному натяжению капли металла.

В числе преимуществ сварки в инертных газах неплавящимся электродом (рис. 2.3) можно выделить хорошую защиту аргоном сварного шва и сварочной ванны, возможность качественной проварки корня шва. Также можно применять проволоки как очень большого, так и очень малого диаметров, осуществлять подбор проволоки по химическому составу. Недостатками такого способа сварка являются: высокая стоимость и дефицитность защитного газа, высокие требования к квалификации персонала, интенсивный износ оборудования при работе на форсированных режимах сварки.

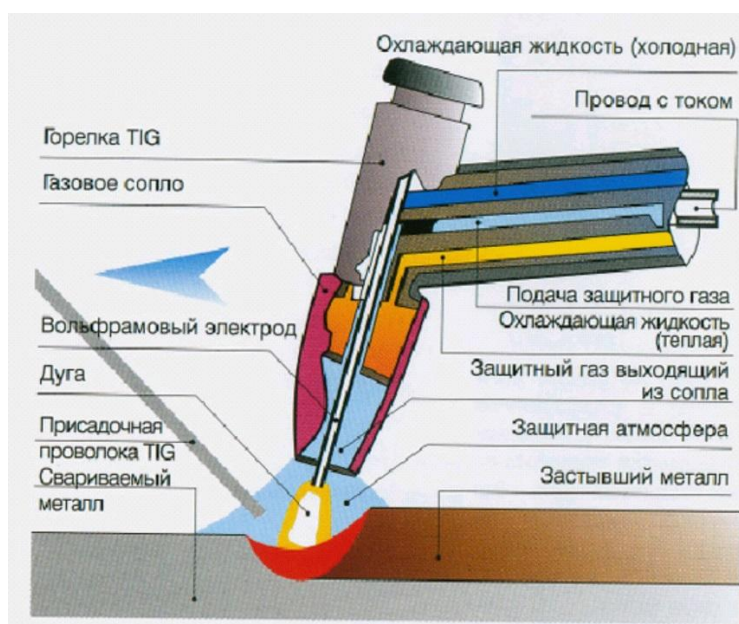


Рисунок 2.3 – Схема сварки неплавящимся электродом в инертном газе

Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (рис. 1.5) вообрала в себя преимущества, присущие ручной дуговой сварке штучными электродами (стабильная защита сварочной ванны и металла шва, возможность легирования и раскисления металла шва), и преимущества, присущие механизированной сварке проволоками сплошного сечения в

защитных газах (возможность повышения производительности сварочных работ при применении форсированных режимов). Сварка самозащитными порошковыми проволоками позволяет получить существенные производственные преимущества, особенно сильно проявляющиеся при проведении работ в монтажных условиях и при сварке швов в различном положении. В качестве положительного момента следует отметить, что сварка с использованием порошковой самозащитной проволоки не требует использования газовой аппаратуры (нет необходимости в баллонах, шлангах, газовых редукторах), которая приводит к усложнению сварки и повышению её трудоемкости.

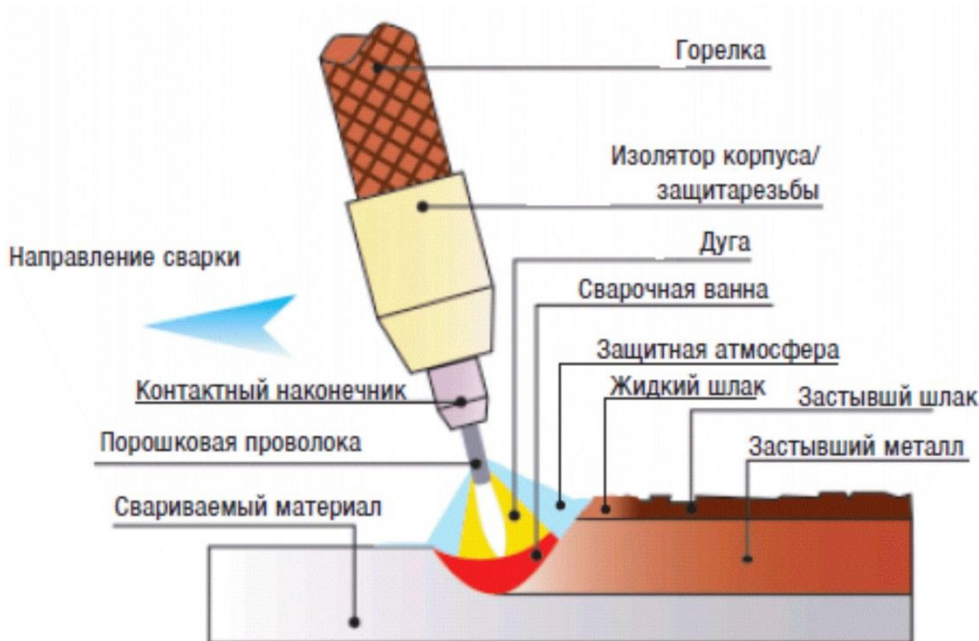


Рисунок 2.4 – Схема механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками

В числе преимуществ механизированной сварки с использованием самозащитных порошковых проволок можно отметить: возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, что обладает особой важностью при сварке с применением поперечных колебаний электрода. Отсутствие необходимости применения флюса делает возможным слежение за образованием шва. Изменением состава шихты порошковой проволоки

осуществляется изменение химического состава металла сварного шва и технологических характеристик сварочной дуги.

На основании проведенного анализа альтернативных способов сварки принимаем решение использовать механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

2.2 Технология сварки.

Сварка заполняющих и облицовочного слоев механизированная проволокой сплошного сечения Св-08Г2С. Защитный газ – углекислый. Сварка ведется по режиму - постоянный ток прямой полярности, ток $I_{св}=190-210$ А, напряжение $U_{д}=20-25$ В, скорость сварки $V_{св}= 10-15$ м/час, расход аргона $Q_{зг} = 10-12$ л/мин.

Вылет проволоки перед зажиганием дуги 12-15 мм. После возбуждения дуги вылет доводят до 20 мм. При сварке в потолочном положении вылет увеличивается до 25-30 мм. При вылете меньшем, чем рекомендуется возможно появление пористости. При большом вылете процесс сварки нестабилен.

Поскольку приходится выполнять сварку кольцевого шва, угол наклона горелки следует менять. :

- в положении 12 час. угол должен составлять 20-30 град;
- при движении от 12 час. до 3 час. угол наклона горелки постепенно увеличивается до 45-50 градусов;
- от 3 час. до 5 час. угол наклона горелки постепенно уменьшается и доводится до 0 градусов (перпендикулярно телу трубы);
- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и постепенно угол доводится до 10-15 град, «углом вперед».

После окончания сварки заполняющего слоя произвести тщательную зачистку поверхности металлической дисковой щеткой.

Рекомендуется недозаполнить разделку на 1-2 мм в нижнем и потолочном положениях для чего последний заполняющий слой может не выполняться по всему периметру стыка (только в положении 1-5 час).

Выполнить сварку по центру разделки дополнительного (корректирующего) слоя в положении 1-5 час (ориентировочно). Корректирующий слой должен довести заполнение разделки в вертикальном положении практически до состояния "заподлицо". В некоторых случаях, если не удалось полностью заполнить разделку в вертикальном положении, на небольшом участке (ориентировочно в положении 2^{30} - 3^{30}) выполняется второй корректирующий слой, рисунок 2.5.

Выполнять послыйную зачистку от шлака и брызг.

При выполнении заполняющих; слоев обрабатывать шлифкругом участки начала и конца сварки, а также замков.

Выполнить облицовочный слой. Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистовой обработке дисковой проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг.

Количество заполняющих слоев зависит от величины зазора при сборке, угла разделки кромок и ряда других параметров.

Место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 20 мм от замков предыдущего слоя шва. Последующее зажигание дуги производится на кромке трубы или на металле шва на расстоянии 20...25 мм от кратера. Для избежания зашлаковки металла шва около кромок труб следует наплавлять как можно более плоский валик.

В процессе сварки должны быть обеспечены полный провар корня шва и заделка кратера. По окончании наплавки каждого валика необходимо полностью удалить шлак после его охлаждения (потемнения). При обнаружении на поверхности шва дефектов (трещин, скоплений пор и т.п.) дефектное место следует удалить механическим способом до «здорового» металла и при необходимости заварить вновь.

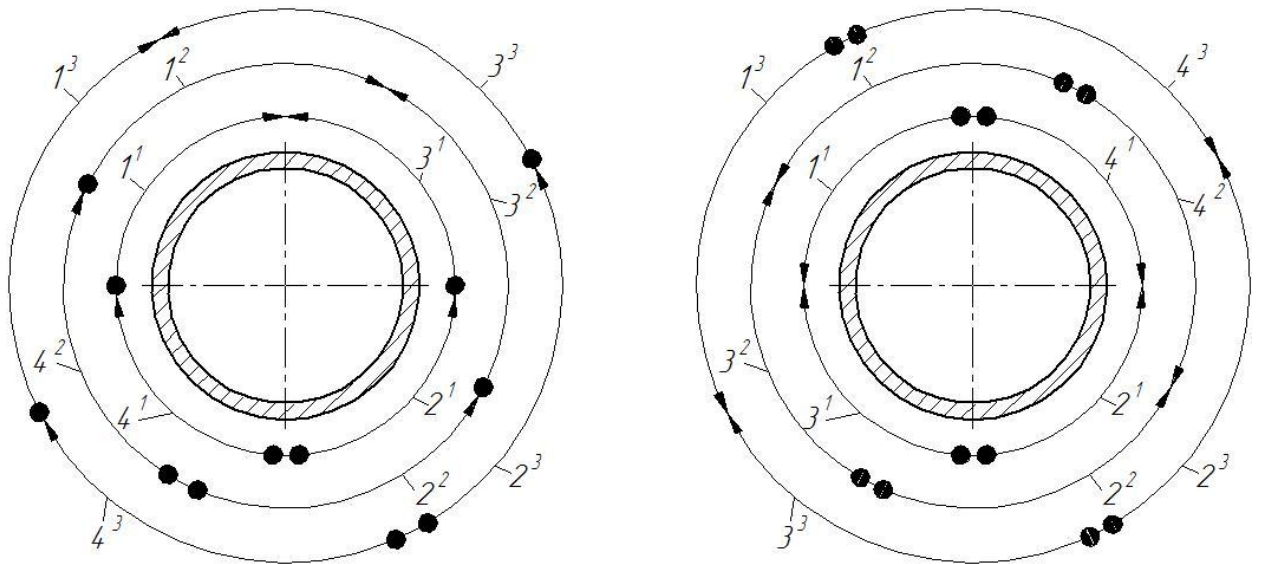


Рисунок 2.5 – Порядок сварки слоёв при вертикальном (а) и горизонтальном (б) положении стыка

3 Оборудование.

Выбран источник питания ФЕБ-315 Магма, общий вид рисунок 3.1, габаритные размеры – рисунок 3.2.



Рисунок 3.1 – Источник питания

Блок подачи проволоки для дуговой сварки в среде защитного газа ФЕБ-02 "Пост", предназначен для сварки сплошной электродной проволокой диаметром 0,8-1,6 мм (в том числе стальной, нержавеющей и алюминиевой) в среде активных и инертных газов в составе полуавтомата со сварочным источником МАГМА-315У.

Особенности:

1. Четырехроликовый механизм подачи проволоки.
2. Микропроцессорное управление блоком подачи проволоки.
3. Стабилизация скорости механизма подачи проволоки с точностью 3%.
4. Ударопрочный корпус.

Преимущества:

1. Управление началом сварки обеспечивает плавное формирование сварочной ванны.
2. Управление окончанием сварки обеспечивает очистку конца сварочной проволоки от капли.
3. Стабилизации скорости подачи проволоки позволяет получить высокое качество сварочного шва.

Технические характеристики блока подачи проволоки ФЕБ 02 ПОСТ

Скорость подачи проволоки, м/мин.	0-18
Мощность двигателя, Вт	95
Диаметр проволоки, мм	0,8-1,6
Количество роликов механизма подачи, шт	4
Точность стабилизации скорости в диапазоне нагрузок (0-10кrc), %	+/- 3
Цифровая индикация	-
Подключение пульта	-
Число программ сварочного тока	-
Режимы сварки короткими и длинными швами	2-такта
Диаметр кассеты для проволоки, мм	150, 300
Габаритные размеры, мм	200x450x610
Диапазон рабочих температур, °C	-40°C +40°C
Масса, кг	13

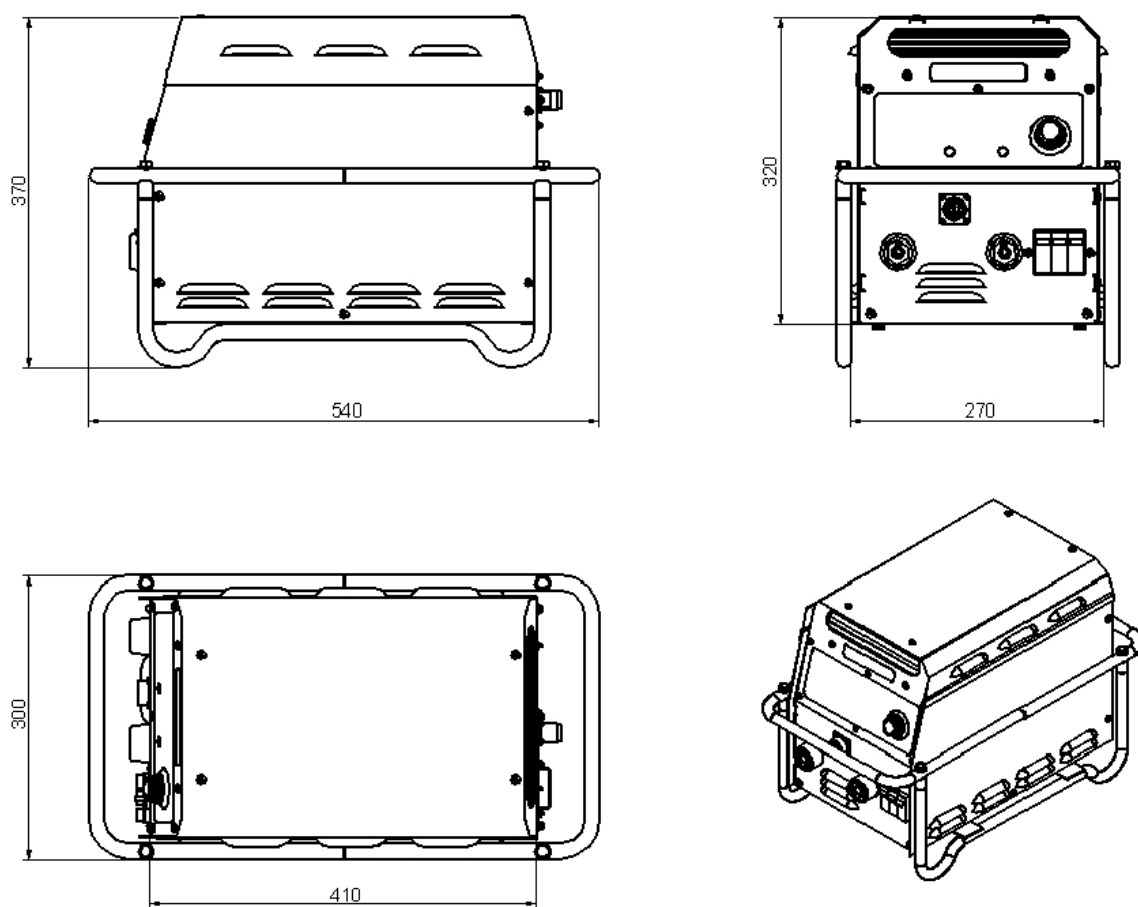


Рисунок 3.2 – Габаритные размеры

4 Безопасность и экологичность технического объекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология и оборудование для сварки промышленных газопроводов». В настоящее время сварка промышленных газопроводов производится технологией дуговой сварки штучными электродами. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя механизированную сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология механизированной сварки, естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

Профессия сварщика по-прежнему является одной из наиболее профессионально опасных, а процессы сварки, наплавки и резки металлов традиционно находятся в поле зрения специалистов-экологов и охраны труда. Комбинированное воздействие на рабочих сварочных профессий вредных производственных факторов (таблица) таких, как химические (сварочные аэрозоли, газы), физические (излучение дуги, электромагнитные поля, тепловые нагрузки и др), природные, способствуют развитию профессиональной заболеваемости и сокращению их трудового долголетия.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
1	Выполнение кольцевых сварных швов промышленного трубопровода	Подготовка, сборка и сварка труб	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов	Полуавтомат ФЭБ «Магма»	Присадочная проволока Св-08Г2С, газ углекислый

4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб промыслового газопровода.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс могут вызвать нетрудоспособность работника. В таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Подготовка, сборка и сварка труб	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Полуавтомат ФЕБ «Магма» присадочная проволока Св-08Г2С, газ углекислый, круг абразивный.

4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Уже внедренные на участке сварки и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки		Перчатки, спецодежда.
движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Подготовки, сборки и сварки труб	Полуавтомат ФЭБ «Магма»	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности, создание добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Актуальность проблемы охраны и восстановления окружающей среды стала очевидной, в связи с чем правительства стран Европейского союза совместно с руководством промышленных компаний пришли к выводу о необходимости создания системы контроля за состоянием окружающей среды, построенной на единых концептуальных подходах и практических стандартах ЕС, которые в полной мере учитывали бы особенности и специфику национального законодательства каждой страны в области защиты и восстановления природной окружающей среды.

В таблице 4.7 выполним анализ вредных факторов разработанного технологического процесса механизированной сварки, представляющих опасность для природной окружающей среды.

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Составляющие технического объекта, технологического процесса (здания по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортного средства	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка	Подготовка труб, отводов, бобышек, штуцеров к сварке, сборка сварка,	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от электродов, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; огарки электродов; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Важным является соблюдение культуры производства, исключение утечек проявителя и закрепителя, которые попадая в канализацию попадают во внешние водоемы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка восстановления емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснить производственному персоналу правила сбора твердых отходов

К мероприятиям, перечисленным в таблице 4.8, следует отнести комплекс организационно-технических мероприятий, связанных с обучением, подготовкой и аттестацией сварщиков и специалистов сварочного производства. Экологические аспекты сварочного производства должны учитываться при обучении сварщиков.

4.6 Заключение по разделу

Планируемый к внедрению технологический процесс механизированной сварки технологического трубопровода проволокой сплошного сечения сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса механизированной сварки.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс механизированной сварки, не нужно.

Также технология механизированной сварки технологического трубопровода проволокой сплошного сечения оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложены организационные мероприятия.

5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки промышленного газопровода применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку проволокой сплошного сечения.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 5.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при сварке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной сварке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар.
Высокая трудоемкость при подетальном монтаже трубопровода, когда каждая труба, отвод, катушка, тройник монтируются на месте.	Предложен поузловой вариант, когда несколько деталей в условиях стационарной площадки укрупняются в узел, монтируемый на месте.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
			Базовый	Проект.
Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала	$C_{эл}$	Руб/кг	88	69
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$k_{тз}$	-	1,05	1,05
Значение тарифной ставки	$C_{ч}$	Руб/час	95,29	84,87
Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{зпл}$	-	1,81	1,81
Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{д}$	%	10	10
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$H_{соц}$	%	30	30
Финансовые затраты на покупку оборудования	$C_{об}$	Руб	40000	70000
Норма амортизационных отчислений на оборудование	$Н_{а}$	%	18	18
Коэф. Полезного действия установки	$K_{пд}$	-	0,7	0,78
Стоимость электроэнергии	$C_{э-э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
Удельный расход защитного газа	$У_{зг}$	$M^3/час$	-	50
Стоимость защитного газа	$C_{зг}$	Руб/ m^3	-	50
Стоимость аренды площади	$C_{экспл}$	Руб/ m^2	1800	1800
Стоимость приобретения производственных площадей	$C_{пл}$	Руб/ m^2	4500	4500
Площадь занимаемая оборудованием	S	M^2	8	11
Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{монт}$ $k_{дем}$	%	2	2
Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	$E_{н}$	-	0,33	0,33
Годовая программа	$N_{пр}$	шт	500	500
Коэффициент заводских расходов	$k_{зав}$		1,97	1,97
Норма амортизационных отчислений на площадь	$Н_{пл}$	%	2	2

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на сварку одного стыка трубопровода применим зависимость:

$$t_{шт} = t_{н-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где $t_{н-з}$ – время, расходуемое на подготовительно-заключительные операции, $t_{н-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – время, расходуемое непосредственно на выполнение сварного шва - машинное.

$t_в$ – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе

$t_в = 10\%$ от t_0 .

$t_{отл}$ – время, расходуемое рабочими на отдых и личные надобности $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места

$t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, 1% от t_0 .

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где: $L_{ш}$ – кольцевой шов - 0,238 м;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, 9 Г/А·час.

$M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

Масса наплавленного металла $M_{\text{напл.мет}}$ – может быть определена по зависимости, кг/м:

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{Н}} \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где ρ – плотность, 7,8 г/см³;

$F_{\text{Н}}$ – площадь валика, мм².

$$F_{\text{Н}} = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}}$$

На толщину 3,5 мм.

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 + F_3 = 21 + 24 + 27 = 72 \text{ мм}^2$$

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^3 = 0,561 \text{ кг/м}$$

$$M_{\text{напл.мет.пр}} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^3 = 0,561 \text{ кг/м}$$

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,05 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,025 \text{ час} = 1,5 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{\text{штб}} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин} = 0,062 \text{ час}$$

$$t_{\text{штпр}} = 1,5 + 0,15 + 0,09 + 0,075 + 0,015 = 1,83 \text{ мин.} = 0,0305 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (5.5)$$

где: $K_{\text{пр}}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{соп}}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum \Pi_{\text{об}}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{\text{шт}}$ – время, расходуемое на сварку одного стыка трубопровода (штучное), мин.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_k - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) \cdot T_{\text{см}} \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.н}}) \quad (5.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{\text{вых}}$ – всего выходных в году;

$D_{\text{пр}}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{\text{см}}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{\text{р.н}}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф}} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

Для базового варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{500 \cdot 3,72}{1812 \cdot 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,027 = 1080 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 \cdot 1,83}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{прпр} = 70000 \cdot 0,012 = 840 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.10)$$

$K_{монт}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{дем}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{площ}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{монт} = \sum \Pi_{об} \cdot k_{монт} \quad (5.11)$$

где: $k_{монт}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям

$$k_{монт} = 0,2.$$

$$K_{монт} = 70000 \cdot 0,2 = 14000 \text{ руб}$$

$$K_{дем} = \sum \Pi_{об} \cdot k_{дем} \quad (5.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям, $k_{\text{дем}} = 0,2$

$$K_{\text{дем}} = 40000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} \cdot \Pi_{\text{площ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{площ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 840 + 14000 + 8000 + 5400 = 28240 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1080/500 = 2,16 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = 28240/500 = 56,48 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}$$

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время технологии сварки промышленных газопроводов в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{эл.} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (5.16)$$

где $Ц_{эл.}$ – стоимость штучных электродов, руб/кг;

$Н_{эл.}$ – расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$Н_{эл.} = У \cdot L_{ш.} \quad (5.17)$$

где – $У$ – расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{ш.}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$У = кр \cdot М_{напл.мет} \quad (5.18)$$

где $кр$ – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$М_{напл.мет}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$М_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 72 \text{ мм}^2$.

$$М_{напл.мет} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{эл} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 88 \cdot 0,227 = 19,99 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{б} = 19,99 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии сварки промышленных газопроводов в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{свпр} = ЗМ_{свпр} + Ззг \quad (5.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{свпр} = Ц_{пр} \cdot Н_{пр} \quad (5.21)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{пр}}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Для определения нормы расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки воспользуемся формулой:

$$N_{\text{пр}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (5.22)$$

где Y - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (5.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.24)$$

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг}$$

$$3M_{\text{свпр}} = 69 \cdot 0,227 = 15,66 \text{ руб.}$$

Расходы на применяемый для защиты сварочной ванны газ, в предлагаемом варианте углекислый, определим по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.25)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$N_{\text{з.г.}}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

$$H_{з.г.} = Y_{з.г.} \cdot L + Y_{доп} \quad (5.26)$$

где $Y_{з.г.}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_o \quad (5.27)$$

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_o - вычисленное по формуле (5.2) время сварки шва.

$$Y_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$Y_{доп.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, м³.

$$Y_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (5.28)$$

где $t_{всп}$ – время расхода газа, мин;

$q_{зг}$ – норма расхода газа в единицу времени, м³/мин.

$$Y_{доп} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$H_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$З_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 15,66 + 0,55 = 16,21 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

$КПД$ – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

Для базового варианта технологии

$$P_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$P_{обпр} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.30)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot На_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$На_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^Б = \frac{40000 \cdot 3,72 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{70000 \cdot 1,83 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,21 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} \cdot H_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (5.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

$$P_{тр}^{б} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,027}{1812 \cdot 100} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,012}{1812 \cdot 100} = 0,16 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^б = 0,24 + 0,20 = 0,44 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 0,21 + 0,16 = 0,37 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} \cdot S_{плоч} \cdot Na_{плоч} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100 \cdot 60} \quad (5.33)$$

где: $Ц_{плоч}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

$Na_{плоч}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 ;

$$З_{плоч}^б = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3,72}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

$$З_{плоч}^{пр} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,83}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда
Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

где $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$ – основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot k_{зпл} \quad (5.35)$$

где $C_{ч}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{шт}$ – штучное время, час;

$k_{ЗПЛ}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{ЗПЛ} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_y \cdot k_{пф} \cdot k_H \quad (5.36)$$

где $k_{пр} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,087$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,14$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,076$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{ЗПЛ} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^Б = 0,060 \cdot 95,2 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0,03 \cdot 84,87 \cdot 1,79 = 4,55 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{ОСН} \quad (5.37)$$

где k_d – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 10,23 \cdot 10/100 = 1,02 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 4,55 \cdot 10/100 = 0,45 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_Б = 10,23 + 1,02 = 11,25 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗП_{ПР} = 4,55 + 0,45 = 5,00 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot H_{соц} / 100 \quad (5.38)$$

где $H_{соц}$ – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{CH}}^{\text{Б}} = 11,25 \cdot 30 / 100 = 3,37 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{CH}}^{\text{ПР}} = 5,00 \cdot 30 / 100 = 1,50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{\text{ТЕХ}} = Z_{\text{М}} + Z_{\text{Э-Э}} + Z_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПЛ}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{CH}} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 19,99 + 0,77 + 0,44 + 0,02 + 11,25 + 3,37 = 35,84 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 16,21 + 0,63 + 0,37 + 0,02 + 5,00 + 1,50 = 23,73 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad Z_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов, 1,72;

$Z_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 35,84 + 10,23 \cdot 1,72 = 35,84 + 17,59 = 53,43 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 23,73 + 4,55 \cdot 1,72 = 23,73 + 7,82 = 31,55 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 53,43 + 10,23 \cdot 1,97 = 53,43 + 20,15 = 73,58 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 31,55 + 4,55 \cdot 1,97 = 31,55 + 8,96 = 40,51 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка трубопровода

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	ЗМ	19,99	16,21
2	Фонд заработной платы	ФЗП	11,25	5,00
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	3,37	1,50
4	Затраты на оборудование	З _{ОБ}	0,44	0,37
5	Затраты на площади	З _{ПЛ}	0,02	0,02
6	Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,77	0,63
	Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	35,84	23,73
6	Цеховые расходы		17,59	7,82
	Себестоимость цеховая	С _{ЦЕХ}	53,43	31,55
7	Заводские расходы		20,15	8,96
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	73,58	40,51

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Величину прибыли, ожидаемой от снижения себестоимости сварки стыка, определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{Б}} - C_{\text{зав}}^{\text{ПР}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (73,58 - 40,51) \cdot 500 = 16533,25 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{3AB}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{3AB}^{ПП} + E_H \cdot K_{УД}^{ПП})] \cdot N_{ПП} \quad (5.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(73,58 + 0,33 \cdot 2,16) - (40,51 + 0,33 \cdot 56,48)] \cdot 500 = 7425 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПП}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,05 - 0,025}{0,05} \cdot 100\% = 50\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.46)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{УГ}} \quad (5.47)$$

$$T_{ок} = \frac{28240}{16533} \approx 1,7 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/1,7 = 0,58. \quad (5.48)$$

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 100%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 1,7 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 7425 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 1,7 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 7425 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
2. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Пащенко В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
4. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
6. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
7. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
8. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
9. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977. – 322 с.
10. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
11. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.

12. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
13. Райцес Ю В.Б. Износостойкие плазменные покрытия на основе двойного карбида титана–хрома / В.Б. Райцес, В.М. Литвин, В.П. Рутберг. [и др.] // Порошковая металлургия. – 1986. – № 10. – С. 46–47.
14. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
15. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
16. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
17. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
18. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
19. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
20. Величко, О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
21. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
22. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.

23. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
24. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
25. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
26. Золотоносов, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки: учеб. пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
27. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.