

Реферат

Выпускная квалификационная работа инженера состоит из 109 с., рис.15, 21 таблиц, 30 источников литературы, 4 листов графического материала.

Ключевые слова: автоматическая орбитальная сварка, разработка концепции технологического процесса, качественные показатели сварки трубы, зауженная разделка.

Объектом разработки является процесс сварки труб газопроводов $\varnothing 1220 \times 19,5$.

Цель работы – Разработка ресурсоэнергосберегающую технологию автоматической орбитальной сварки стыков магистральных трубопроводов.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования по сварки корня шва, горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев специальную зауженную разделку. Сварку корня шва выполняли на внутреннем многоголовочном автомате, а заполняющие и облицовочные слои шва на двухдуговой сварочной машине.

Достигнуты технико-эксплуатационные показатели: высокое качество шва и увеличение производительности.

Разработанная технология может применяться для сварки труб $\varnothing 1220 \times 19,5$. Экономическая эффективность оборудования определяется малым сроком окупаемости $PP=2,7$ года.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 10.0 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V16” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

Нормативные ссылки

В настоящем работе использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия

ГОСТ 2601–84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий

ГОСТ 6996–66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия

ГОСТ 8732–78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент

ГОСТ 8734–75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент

ГОСТ 10157–79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 14254–96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 15150–69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней

ГОСТ 16037–80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры

ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 17516.1–90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 19903–74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент

ГОСТ 26271–84 Проволока порошковая для дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей. Общие технические условия

ГОСТ 52079–2003 Трубы стальные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия

СТО Газпром 14–2005 Типовая инструкция по проведению огневых работ на газовых объектах ОАО «Газпром»

СТО Газпром 2–2.4–083–2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов.

Термины, определения и сокращения

автоматическая сварка: Дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача сварочной проволоки и относительное перемещение дуги и свариваемых соединений осуществляется автоматически, а установка, корректировка параметров режимов сварки осуществляется оператором.

газ активный: Защитный газ, вступающий в химическое взаимодействие с жидким металлом в зоне сварки (например, углекислый газ).

газ инертный: Защитный газ, не вступающий в химическое взаимодействие с жидким металлом в зоне сварки (например, аргон, гелий).

горячий проход: Слой шва, выполняемый незамедлительно после сварки и зачистки корневого слоя шва, при сварке которого температура металла корневого слоя шва не должна опускаться ниже регламентированного значения.

зазор: Кратчайшее расстояние между кромками собранных для сварки деталей. [ГОСТ 2601–84]

корневой слой шва: Часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности.

[ГОСТ 2601, п. 81]

металл шва: Сплав, образованный расплавленным основным и наплавленным металлами или только переплавленным основным металлом.

[ГОСТ 2601, п. 121]

направление сварки: Направление движения сварочной дуги вдоль продольной оси сварного соединений.

[ГОСТ 2601, п. 94]

полярность обратная: Полярность, при которой электрод присоединяется к положительному полюсу источника питания дуги, свариваемые элементы – к отрицательному. [ГОСТ 2601, п. 128]

полярность прямая: Полярность, при которой электрод присоединяется к отрицательному полюсу источника питания дуги, а свариваемые элементы – к положительному. [ГОСТ 2601, п. 129]

притупление кромки: Нескошенная часть торца кромки, подлежащей сварке. [ГОСТ 2601, п. 112]

разделка кромок: Придание кромкам, подлежащим сварке, необходимой формы. [ГОСТ 2601, п. 110]

сварка методом STT: Автоматическая или механизированная импульсно-дуговая сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе с мелкокапельным управляемым переносом наплавленного металла за счет специального электронного микропроцессорного модуля инверторного источника сварочного тока.

сварка неповоротных соединений: Сварка по замкнутому контуру во всех пространственных положениях, при которой свариваемые элементы неподвижны.

сварка односторонняя: Сварка, выполняемая с одной стороны свариваемых элементов.

сварка двухдуговая: Дуговая сварка, при которой нагрев осуществляется одновременно двумя дугами с раздельным питанием их током. [ГОСТ 2601, п. 19]

сварка двухсторонняя: Сварка, выполняемая с двух сторон (снаружи и изнутри) свариваемых элементов.

сварка на подъем: Дуговая сварка, при которой сварочная ванна перемещается снизу вверх. [ГОСТ 2601, п. 104]

сварка на спуск: Дуговая сварка, при которой сварочная ванна перемещается сверху вниз. [ГОСТ 2601, п. 103]

сварка углом вперед: Сварка, при которой электрод наклонен под острым углом к направлению сварки. [ГОСТ 2601, п. 105]

сварка углом назад: Сварка, при которой электрод наклонен под тупым углом к направлению сварки. [ГОСТ 2601–84, п. 106]

сварное соединение: Неразъемное соединение, выполненное сваркой. [ГОСТ 2601, п. 57]

сварной шов: Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла

соединительная деталь трубопровода, СДТ: изделие (отвод, переход, днище, тройник), ввариваемое в трубопровод и предназначенное:

отвод – для изменения направления трубопровода;

переход – для изменения сечения трубопровода;

днище – для герметизации конца трубопровода;

тройник – для ответвления основного трубопровода;

температура предварительного подогрева: Температура подогрева кромок сварного соединения непосредственно перед операциями сварки, как правило, указывается минимальная величина этой температуры.

технические условия, ТУ: Документ, разработанный по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя), регламен-

тирующий полный комплекс требований к продукции (трубы, соединительные детали, запорная и регулирующая арматура, сварочные материалы, сварочное оборудование), ее изготовлению, контролю и приемке.

угол скоса кромки: Острый угол между плоскостью скоса кромки и плоскостью торца. [ГОСТ 2601, п. 113]

центратор: Устройство для обеспечения сборки по заданным параметрам стыковых кольцевых соединений труб, соединительных деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры.

Содержание

	С.
Введение.....	10
1. Анализ современного состояния орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов.....	13
1.1. Специфика орбитальной сварки. Критическая масса сварочной ванны для орбитальной сварки.....	13
1.1.1 Критическая масса сварочной ванны для орбитальной сварки.....	14
1.2. Технология сварки корневого слоя.....	16
1.2.1 Автоматическая орбитальная сварка корня шва методом STT.....	18
1.2.2 Автоматическая орбитальная сварка корня шва на подкладном медном кольце.....	22
1.2.3 Сварка корня шва изнутри с использованием внутреннего центризатора–сварочной станции.....	24
1.3. Технология сварки заполняющих и облицовочного швов	
1.3.1 Автоматическая орбитальная сварка «горячего» прохода заполняющих и облицовочного швов порошковой проволокой в защитных газах.....	25
1.3.2 Автоматическая орбитальная сварка проволокой сплошного сечения горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев в смеси газов Ar+CO ₂ в зауженную разделку двухдуговыми сварочными головками.....	27
1.3.3 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом на медном подкладном кольце.....	28
1.4. Комбинация технологии при заварке полного стыка.....	29
1.5. Оборудование применяемое для орбитальной сварки.....	30
1.5.1 Требования к сварочным источникам питания.....	31
2. Разработка концепции технологического процесса автоматической орбитальной сварки.....	36
3. Разработка технологии сварки корневого слоя шва	

3.1 Назначение стали.....	38
3.2 Характеристика сварной конструкции	
3.2.1 Материал сварной конструкции.....	39
3.3. Оценка технологической свариваемости материала.....	39
3.4. Расчет режимов сварки корневого шва.....	46
4. Разработка технологии сварки заполняющего и облицовочного слоёв	
4.1 Расчет режимов сварки горячего и заполняющих слоев шва.....	49
4.1.1 Расчет режимов сварки для горячего прохода.....	51
4.1.2 Расчет режимов сварки для заполняющих слоев шва.....	52
4.1.3 Расчет режимов сварки для последнего заполняющего или корректирующего шва.....	53
4.1.4 Расчет режимов сварки для облицовочного шва.....	53
5. Оборудование для сварки корневого слоя	
5.1 Источники питания сварочной дуги корневого слоя шва.....	56
6. Разработка оборудования для заполняющего и облицовочного слоёв.....	59
7. Экспериментальная часть	
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
8.1.....	61
9. Социальная ответственность.....	85
9.1 Производственная безопасность.....	86
9.1.1 Шумы и вибрация.....	87
9.1.2 Освещение.....	90
9.1.3 Воздушная среда и вентиляция.....	92
9.1.4 Электробезопасность.....	93
9.1.5 Пожарная безопасность.....	94
9.2 Экологическая безопасность	
9.2.1.1 Расчет защитного заземления.....	95
9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	102
9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	
9.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	104

9.4.1.1 Правовые организационные вопросы охраны труда.....	105
9.4.2 Организация мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	106
9.4.2.1 Организация охраны труда на предприятии.....	107
Заключение.....	108
Список используемых источников.....	109
Графический материал:	
ФЮРА.4601.001 ВО – Общий вид конструкции	На отдельном листе
ФЮРА.4601.002 ВО – Многоголовочный сварочный автомат	
ФЮРА.4601.003 - Виды разделок	
ФЮРА.4601.004- Экономика	

Введение

Сварка – это процесс получения неразъёмного соединения двух или нескольких деталей путем их плавления или деформации с нагревом или без него с получением на границах зёрен прочных металлических связей.

Орбитальная автоматическая сварка зарекомендовала себя как наиболее эффективная технология для строительства магистрального трубопровода. Несмотря на ее эффективность присутствует ряд недостатков, таких как:

- низкая скорость сварки корневого шва, заполняющего и облицовочного швов;
- трудоемкость сборки стыков труб перед сваркой;
- большой расход сварочных материалов при сварке в стандартную разделку кромок труб с углом раскрытия 60° ;
- межслойная зачистка сварного шва от шлака.

Целью данной выпускной квалификационной работы стала разработка ресурсоэнергосберегающей технологии автоматической орбитальной сварки стыков магистральных трубопроводов с диаметром труб 1220 мм.

Режим сварки является основным элементов технологического процесса сварки той или иной конструкции либо изделия. От его правильного выбора в значительной мере зависит качество сварного соединения, производительность и экономическая эффективность технологического процесса сварки в целом. Режим сварки определяет главным образом условия формирования сварных швов и протекание сложного комплекса изменений фазового и структурного состояния металла.

Широкие возможности сварки плавлением облегчают решение задач, стоящих перед инженерами-технологами. Однако разработанный технологический процесс должен не только обеспечить требуемые свойства сварных соединений, но быть экономичным и экологически приемлемым.

В этом проекте рассмотрено особенность автоматической орбитальной сварки корня шва и заполняющего, облицовочного шва, как в заводскую так

и зауженную разделку, при строительстве линейной части магистрального трубопровода.

Проанализировав ряд применяемых технологий автоматической орбитальной сварки, в этой работе была изложена концепция, в которой предложены способы по выполнению сварочных операций, дающий большой экономический эффект, в сварке поточно-расчлененным методом при строительстве линейной части магистрального трубопровода с диаметром труб 1220 мм.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, были рассмотрены несколько технологий автоматической орбитальной сварки неповоротных стыков труб, применяемых для строительства линейной части трубопровода, а также внесено предложение по импортозамещению сварочных материалов.

По результатам полученных показателей и ряду выявленных достоинств автоматической орбитальной сварки в зауженную разделку можно сделать вывод, что применение рассмотренных технологий автоматической орбитальной сварки позволяет увеличить скорость сварки корневого и заполняющих слоев шва, что дает высокую экономическую эффективность.

В ходе выполненной выпускной квалификационной работы разработана технология с рядом достоинств:

- высокая скорость сборки труб диаметром 1220 мм и сварки корневого слоя шва
- высокая скорость горячего и заполняющих слоев шва
- минимальные затраты на сварочные материалы и энергозатраты, трудозатраты
- оказывает минимальное вредное воздействие на сварщика-оператора
- применение рассмотренных технологий автоматической орбитальной сварки позволяет увеличить скорость сварки корневого и заполняющих слоев шва, что дает высокую экономическую эффективность.

- экономическая эффективность процесса сварки определяется малым сроком окупаемости $PP=2,7$ года.

1. Анализ современного состояния орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов

1.1. Специфика орбитальной сварки. Критическая масса сварочной ванны для орбитальной сварки.

Наиболее распространенный метод автоматической сварки который применяется для строительства линейной части трубопровода на сегодняшний день, является поточно-расчлененный метод сварки. Рис 1.

Для эффективности использования сварочного и вспомогательного оборудования, каждая операция выполняется при поточно-расчленном методе отдельно, т. е. соответствующим звеном сварочно-монтажной колонны.

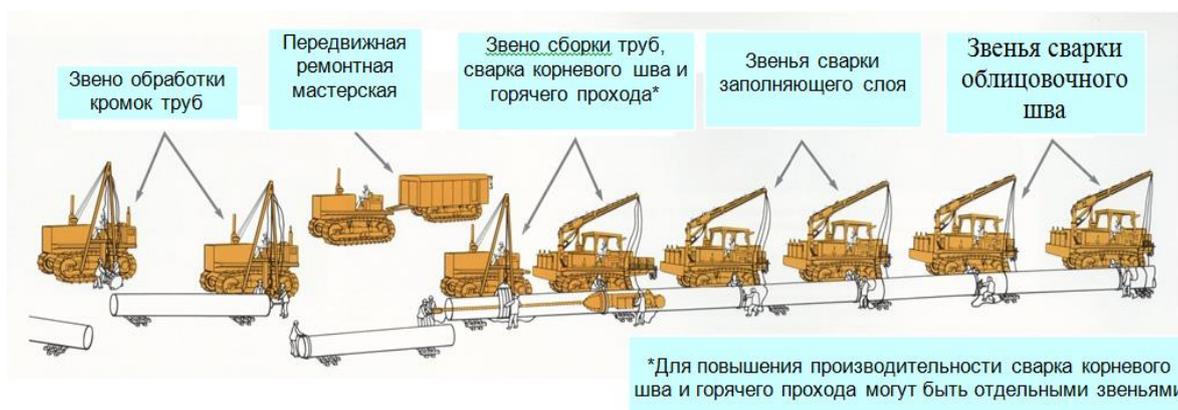


Рис.1.1 Типовой монтажно-строительный участок с использованием систем автоматической сварки.

Поточно-групповой метод сварки с расчленением операций корневого слоя шва и «горячего» прохода, т.е. при работе по этому методу головная группа состоит из двух звеньев сварщиков: одно звено, выполнив сварку только корневого слоя шва, переходит к следующему стыку, а на его место приходит другое звено, которое выполняет «горячий» проход. [1]

Сборка и сварка секций труб на трассе поточно-расчлененным методом охватывает комплекс работ, в который входят следующие технологические операции:

- обработка торцов труб с применением станков;
- сборка, предварительный подогрев и сварка корневого слоя шва;
- сварка «горячего» прохода;
- сварка заполняющего и облицовочного слоев шва.

При этом методе реализовывают процесс сварки тонкой электродной проволокой сплошного сечения или порошковой в среде защитных газов. Конструкция и состав оборудования обеспечивают комплексное решение автоматизации сварки неповоротных стыков линейной части магистральных трубопроводов, основанное на следующих технологических подходах:

- повышение производительности сварки за счет уменьшения объема наплавленного металла при использовании узкой разделки и сборки без зазора кромок в сочетании с повышенным коэффициентом наплавки при сварке тонкой электродной проволокой;
- сокращение времени сварки корня шва за счет применения многоголовочного сварочного автомата;
- обеспечение высокого темпа производства работ на трассе магистрального трубопровода за счет высокой скорости сварки и совмещения сварки корневого шва и «горячего» прохода;
- компенсация неточностей сборки, обеспечение гарантируемого качества корневого слоя и всего шва в целом за счет применения процесса двусторонней сварки. [1]

1.1.1 Критическая масса сварочной ванны для орбитальной сварки

При сварке "на спуск" половины периметра неповоротного стыка от 0° до 180° направление действия сил меняется в зависимости от пространственного положения. В связи с этим наиболее вероятным направлением, по которому может происходить вытекание расплавленного металла из сварочной ванны

при сварке в положении от 0° до 90° , будет направление по касательной к свариваемой поверхности. При сварке в положении от 90° до 180° направление наиболее вероятного вытекания ванны совпадает с направлением действия силы тяжести. Поэтому уравнения равновесия сварочной ванны при сварке в положениях от 0° до 90° и от 90° до 180° различны.

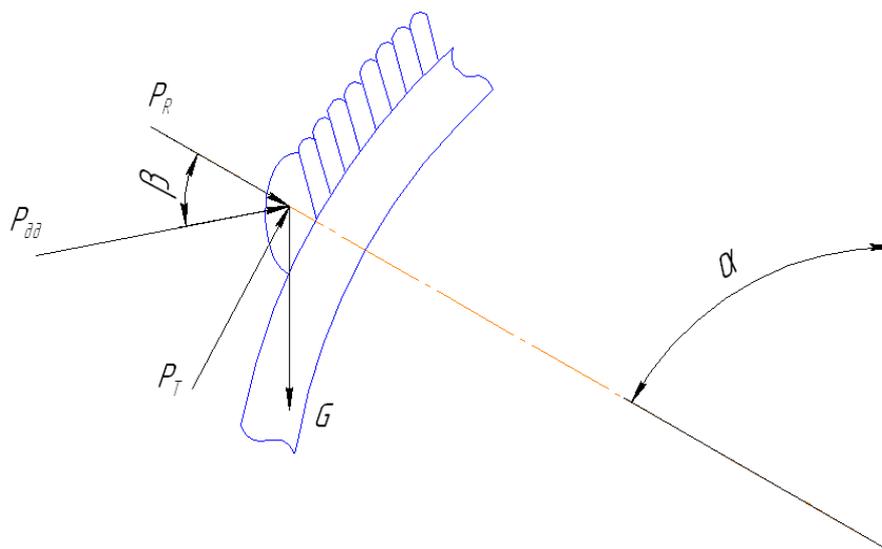


Рисунок 1.2 – Схема действия сил на сварочную ванну при сварке на «спуск» в положении $0 - 90^\circ$

Текущность или масса ванны являются основным показателем, характеризующим возможность применения сварки в том или ином пространственном положении, при тех или иных требованиях к сборке и подготовке соединений.

Массу ванны определяют скоростью плавления основного и электродного металлов и скоростью их затвердевания. В пределах одного процесса масса ванны может значительно измениться за счет режима сварки, диаметра электрода и т.д. [2]

Для облегчения выбора режима, обеспечивающего сварку в данных технологических условиях, например в потолочном положении, целесообразно использовать понятие критической массы ванны, т.е. такой массы, которая является предельно допустимой в этих условиях. Увеличение массы ванны выше ее критического значения приводит к нарушению стабильности процесса формирования шва.

Поскольку критическая масса зависит от положения ванны в пространстве (см. рис 3), режим сварки неповоротного стыка должен измениться с изменением угла наклона ванны. При постоянном режиме сварки неизбежно будет изменяться величина проплава. Для грубой оценки этого изменения (чтобы сравнить с существующими нормами и допусками) Ю.С. Ищенко предложил в уравнении (12.1 Ерохин А.А) вместо веса ванны gG ввести проекцию $gG \cos \alpha$ по направлению нормали к поверхности металла (угол α отсчитывают от зенита против часовой стрелки рис 1.3) .

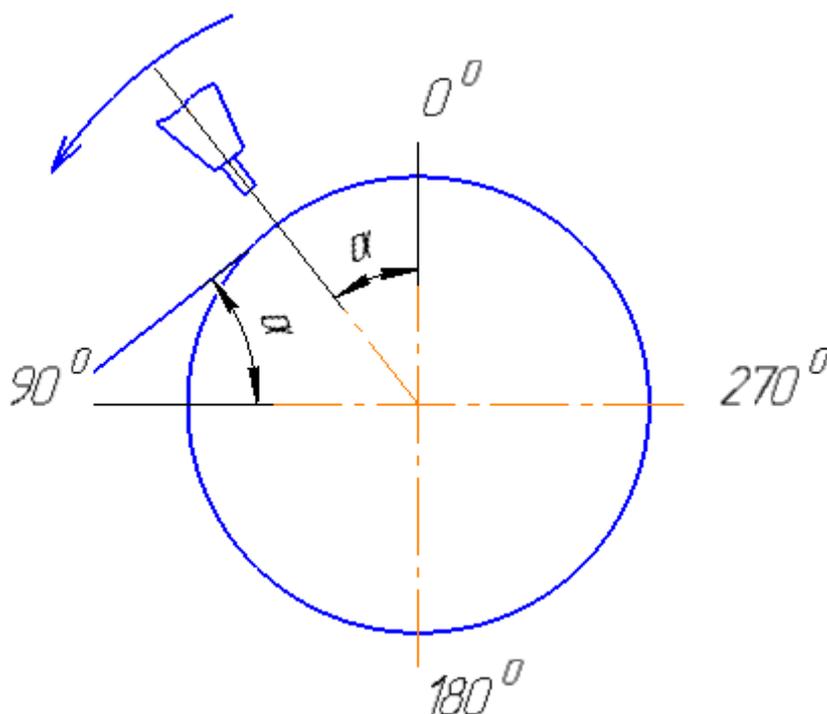


Рис.1.3- Положение сварочной ванны при сварке неповоротного стыка

1.2 Технология сварки корневого шва

Сварка трубопроводов является основной технологической операцией строительства трубопроводов. Современное строительство редко ведется без применения автоматических сварочных комплексов, использующих технологию механизированной сварки проволоками сплошного сечения и порошковыми проволоками. Для сварки линейной части магистрального трубопровода применяются следующие технологии сварки корня шва:

- наружная автоматическая орбитальная сварка корня шва в зазор сварочными головками проволокой сплошного сечения в защитных газах методом STT.
- автоматическая орбитальная сварка корня шва на подкладном медном кольце.
- автоматическая сварка корня шва много головочным самоходным автоматом.

Рассмотрим подробнее эти технологии применяемые для сварки корня шва их преимущества и недостатки.

При применении автоматической орбитальной сварки корня шва в зазор корневой слой шва выполняют проволокой сплошного сечения в смеси газов Ar+CO₂ от специальных источников питания, обеспечивающих управляемый каплеперенос электродного металла. Зона корневого слоя шва выполняется по открытому зазору с формированием обратного валика проволокой сплошного сечения в защитном газе. [3]

Эта зона шва является технологически наиболее сложной, поэтому привлекает внимание исследователей практически всех развитых стран мира с целью улучшения качества формирования корневого слоя шва, повышения скорости сварки и повышения ударной вязкости нижних слоев сварного шва, что является самым слабым звеном этой технологии сварки толстостенных труб.

В последние годы для односторонней сварки корневого слоя шва на весу большое распространение получил метод формирования шва по свободному зазору за счет управляемого каплепереноса электродного металла, который реализуется с помощью специализированных источников питания, обеспечивающих изменение сварочного тока и напряжения по определенному алгоритму.

Находят применение следующие варианты управления каплепереносом с целью качественного формирования корневого слоя шва [3]:

- метод STT- перенос электродного металла силой поверхностного натяжения (Lincoln Electric, США),

- метод ВКЗ- метод вынужденных коротких замыканий (ЗАО НПФ «ИТС», Россия),
- метод Wise Root- сварка модифицированной короткой дугой (Kemppi, Финляндия),
- режим УКП- метод управляемого каплепереноса (ООО «Технотрон», Россия).

1.2.1 Автоматическая орбитальная сварка корня шва методом STT

Для орбитальной сварки корня шва применяются более жесткие требования по подготовке сборки чем для механизированной или же ручной дуговой на что конечно же затрачивается больше времени.

Разделка кромок труб при этом методе сварки корня шва используется заводская.

Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку с номинальной толщиной стенки более 15,0мм Рис 1.4. [5]

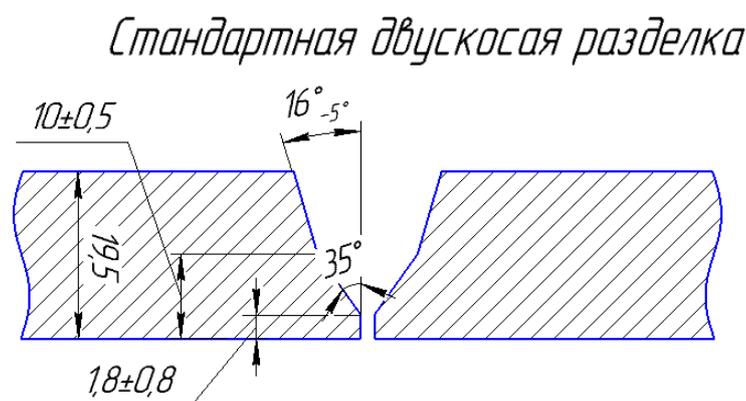


Рис 1.4 Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку.

Теплофизические свойства дуги и сварочной ванны, характерные для процесса переноса металла за счет сил поверхностного натяжения, позволяют ве-

сти сварку корня с наружи с получением гарантированного проплавления и обратного валика требуемых размеров во всех пространственных положениях.

При этом процесс STT способен, при определенном навыке сварщика, в достаточно больших пределах обрабатывать изменения параметров разделки. Другим достоинством метода STT при выполнении корневого прохода на трубах большого диаметра является размер наплавляемого шва. За один проход наплавляется слой металла, соответствующий двум проходам (корневому и горячему) при использовании электродов с целлюлозным типом покрытия (см. рис 1.5).

Во –первых, это обстоятельство ощутимо сокращает время сварки. Во-вторых, позволяет вывести внутренний центратор сразу после сварки корня, поддерживая, таким образом, высокий темп строительных работ. При этом внешняя поверхность корневого шва свободна от шлака (требуется лишь незначительная зачистка проволочной щеткой), и не имеет так называемых «карманов»-зашлакованных продольных канавок, расположенных по краям шва в местах с плавления с основным металлом, характерных для все той же сварки целлюлозным электродами.

Особенности горения дуги при выполнении корневого слоя шва, минимальная погонная энергия при сварке (от 0,5 кДж/мм), а также характер каплепереноса при сварке определяют высокую быстротечность процессов кристаллизации сварочной ванны и высокую степень насыщения металла шва растворенными газами.

Мы производим сравнение именно с этим типом электрода, поскольку оба метода имеют близкие скорости сварки. Выполнение корневого шва электродами с основным типом покрытия не имеет указанных недостатков, но более чем в два раза медленнее STT. Главное преимущество сварки основным электродом - относительно низкое содержание диффузионного водорода в металле шва. Однако, сварочный процесс STT, выполняемый автоматической сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитного газа, по данным компании-производителя, превышает этот показатель качества (см. диаграмму на Рис. 5).

Исследования, проведенные при аттестации метода, подтверждают это обстоятельство. [4]

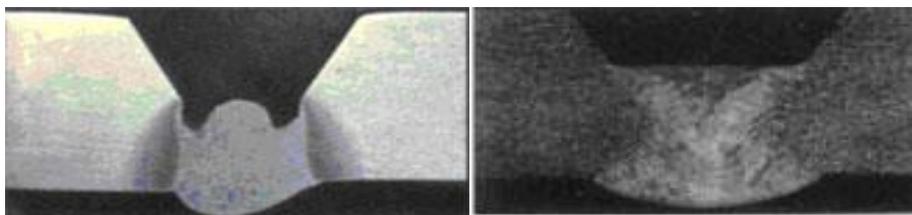


Рис. 1.5 Поперечное сечение корневого шва, выполненного с помощью целлюлозного электрода (лево) и методом STT (право).

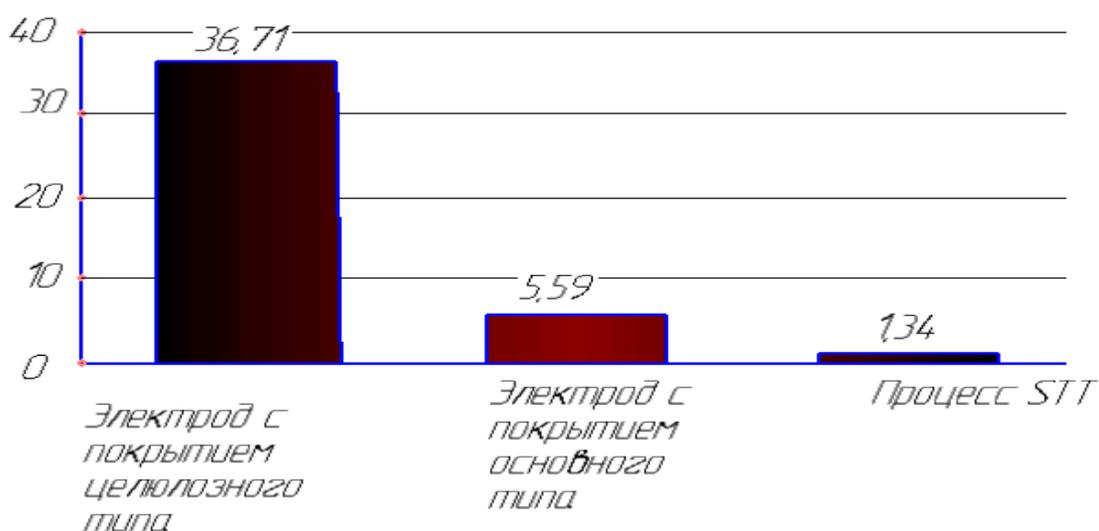


Рис. 1.6 Содержание диффузионного водорода в металле шва, выполненного различными методами, мл/100г

Для автоматической орбитальной сварки согласно (ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. ГОСТ 10157–79 Аргон газообразный и жидкий. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия) применяют следующие защитные газы и сварочные проволоки.

Таблица 1.1 -Защитные газы и их смеси для автоматической сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб.

Назначение	Защитный газ	Способ сварки
Для сварки первого (корневого, внутреннего) слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ.	75 % Ar, 25 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками М300-С (М300) фирмы «CRC-Evans AW».

Таблица 1.2 - Проволока сплошного сечения для автоматической сварки в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб.

Назначение	Марка	Классификация	Диаметр, мм	Производитель
Для сварки корневого слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками М300-С (М300) фирмы «CRC Evans AW».	Super Arc L-56	E R 70 S-6 по AWS A5.18	1,14	The Lincoln Electric Company (США)

Таблица.1.3 Порошковые проволоки для автоматической сварки в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

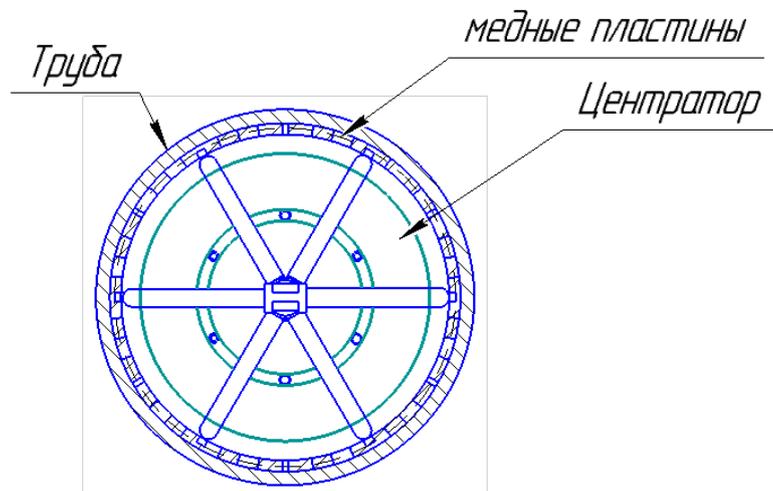
Назначение	Марка	Классификация	Диаметр, мм	Производитель
Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб, труб с СДТ и ЗРА из сталей с классом прочности св. К55 до К60 включ.	Pipeline r Autoweld G70M*	Е 71Т-1МЖ 8, Е71Т-9МЖ Н8 AWS А5.20 Ошибка! Источник ссылки не найден.	1,32	The Lincoln Electric Company (США)

1.2.2 Автоматическая орбитальная сварка корня шва на подкладном медном кольце.

Для труб относительно малого диаметра (от 159 до 1420 мм.) крайне сложно, а зачастую и просто невозможно использовать внутренние автоматизированные установки для сварки корня шва. Именно поэтому компанией «Saturnax» Франция была разработана система сварки корня шва с наружи с использованием внешних сварочных головок и внутреннего пневматического центратора с медными или керамическими подкладками. [5]

Применения центратора с подкладками позволяет достичь высокой скорости сварки корня шва с наружи с помощью внешних сварочных головок проволокой сплошного сечения в среде защитного газа. При этом используется специальная разделка кромок труб рис 1.7

Система состоит из внутреннего центратора и комплекта внешних сварочных головок, устанавливаемых на направляющем поясе. Внутренний центратор располагается так, чтобы стык оказался строго над кольцом с подкладками. Рис 1.7



Башмаками-подкладками, сегментарно и независимо друг от друга подпружиненные, приводятся в плотное соприкосновение с внутренней поверхностью трубы. [5]

Подкладки охлаждают свариваемый металл, поддерживают сварочную ванну, препятствуют прожогам и способствуют формированию обратного валика при корневом проходе.

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом должны соответствовать требованиям рисунка 1.8

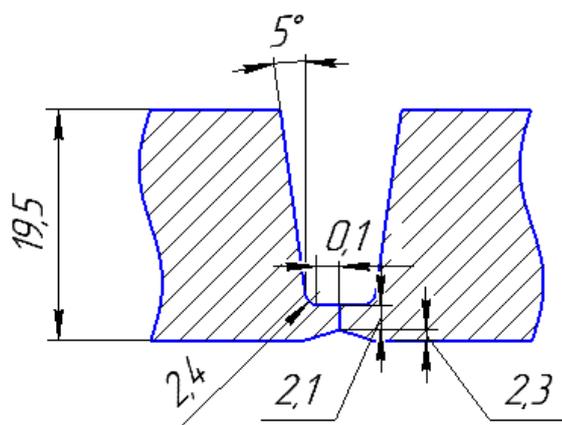


Рисунок 1.8 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки на медном подкладном кольце

1.2.3 Сварка корня шва изнутри с использованием внутреннего центриатора–сварочной станции

Скорость сварки корневого слоя является критическим фактором, определяющим темп движения сварочной колонны и параметры производительности. Автоматическая сварка наиболее рентабельна в тех случаях, когда, помимо качества, она позволяет достичь значительного увеличения скорости сварки—прежде всего, сварки корня шва.

Основное требование для корневого шва заключается в том, чтобы обеспечить непрерывное плавление между двумя материалами по всей их длине.

Эта установка обеспечивает сборку и фиксацию стыка и выполняет автоматическую сварку корня шва изнутри трубы.

В процессе сборки, раздвигая все центрирующие элементы и прижимая их к кромке трубы, внутренний центриатор–сварочная станция точно позиционируется относительно торца трубы. Затем первый ряд зажимных кулачков раздвигается и фиксирует установку в трубе. Центрирующие элементы возвращаются в исходное положение, и на сборку подаётся следующая секция трубы. Кромки обеих труб приводятся в соприкосновение по всему периметру, и второй ряд кулачков раздвигается, завершая, таким образом, сборку стыка.

Сварочная секция машины состоит из 8-ми сварочных головок и применяется для труб диаметром от 24х до 60ти дюймов. Сварочные головки смонтированы по периметру на вращающемся кольце, приводимом в движение 24х–вольтовым мотором. [13]

Для сварки корня изнутри применяется специальная зауженная разделка которая позволяет практически одновременно осуществлять сварку корня шва

и горячего прохода что дает значительные преимущества перед другими технологиями сварки корня шва.

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической двухсторонней сварки приведены на рисунке 1.9. [5]

Разделка кромок концов труб должна быть выполнена механическим способом станками подготовки кромок типа СПК заблаговременно до начала сборочно-сварочных работ.

Тр-12		$(5^\circ \pm 1^\circ) \leq \alpha \leq (10^\circ \pm 1^\circ)$ $(45^\circ \pm 1^\circ) \leq \beta \leq (52^\circ \pm 1^\circ)$ $\gamma = 37,5^\circ \pm 1,0^\circ$ $(2,3 \pm 0,2) \leq A \leq (3,6 \pm 0,2)$ мм $(1,0 \pm 0,2) \leq B \leq (1,8 \pm 0,2)$ мм $(1,0 \pm 0,2) \leq \Delta \leq (1,8 \pm 0,2)$ мм
-------	--	---

Рисунок. 1.9 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах

1.3 Технология сварки заполняющих и облицовочного швов

Тенденции показывают, что корневая зона шва достаточно насыщена газами, и содержание этих газов уменьшается по мере наложения последующих слоёв шва.[3]

1.3.1 Автоматическая орбитальная сварка «горячего» прохода заполняющих и облицовочного швов порошковой проволокой в защитных газах

Была рассмотрена технология сварки корня шва в открытый зазор с применением сварочной проволоки сплошного сечения в защитных газах методом STT сварочными головками М300-С. Этими сварочными головками выполняют сварку горячего прохода на спуск порошковыми проволоками в среде защит-

ных газов. Заполняющие и облицовочные слои шва выполняют на подъем в смеси газов Ar 75%+CO₂ 25% при правильном выборе режима сварки дает хорошее формирование сварного шва. При использовании заводской разделки кромок труб двух скосом особенно усложняется сварка заполняющего и облицовочного швов на уклонах с углом до 30⁰ так сварочная ванна стремится вытечь за пределы разделки. Чтобы удержать сварочную ванну необходимо уменьшить критическую массу ванны, поэтому сварщик оператор вынужден перейти на сварку заполняющих слоев сварного шва так называемыми «валиками» что значительно увеличивает время сварки. Настройка режима сварки осуществляется сварщиком-оператором. В зависимости от ситуации требуется вносить изменения во время сварки или корректировка режима сварки так же осуществляется сварщиком оператором и вследствие чего необходим опыт работы на этом оборудовании.

Преимущества применяемой технологии сварки заключается в следующем:

- применение заводской разделки, одно или двух скосом кромки труб в зависимости от толщины стенки труб;
- простота установки и подключения этого оборудования перед сваркой;
- облегчение психологической и физической нагрузки на сварщика- оператора во время работы;
- легкость отделения шлаковой корки от сварного шва.

К недостатком этой технологии орбитальной сварки можно отнести:

- при сварке больших толщин стенки труб расход сварочных материалов значительно увеличивается по сравнению со сваркой в зауженную разделку;
- низкая скорость сварки, так как сварка заполняющего и облицовочного слоёв шва производится на подъем;
- при сварки корня шва требуется больше времени для выставления нужного зазора , так как сварка осуществляется без прихваток;

- применение порошковой проволоки ведет к образованию шлака поэтому применяются угло-шлифовальные электрические машины с щетками для полного удаления шлака с сварного шва;
- недостатком так же является отсутствие узла для автоматического регулирования угла электрода во время движения сварочной машины по стыку, что значительно усложняет сварку корня в нижнем положении.

1.3.2 Автоматическая орбитальная сварка проволокой сплошного сечения горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев в смеси газов Ar+CO₂ в заузенную разделку двухдуговыми сварочными головками

Автоматическая орбитальная сварка проволокой сплошного сечения в смеси газов (Ar 80% + CO₂ 20%), как горячего прохода, так и заполняющих и облицовочного швов выполняется на спуск.

Применяемое сварочное оборудование позволяет осуществлять сварку на короткой дуге, то есть средне капельный перенос, а также применяется мелко-капельный перенос электродного металла –также этот метод называют струйным. Для этого используются импульсные источники питания сварочной дуги. Сварка горячего прохода осуществляется на короткой дуге при больших плотностях тока, что дает хорошее проплавление. Заполняющие и облицовочный шов выполняется на струйном переносе электродного металла, что дает возможность плавной точной регулировки тока в пределах 30% и напряжения во время сварки, а так же повышает технологические свойства сварного шва.

Сварочная головка производства компании CRC-Evans P600 позволяет осуществлять сварку двумя горелками одновременно, для облегчения управления этими горелками во время сварки используется сложная система автоматического управления (АСУ).

АСУ позволяет отслеживать пространственное положение сварочной головки на трубе, что дает возможность выделять сектора трубы и устанавливать конкретные сварочные параметры (напряжение, скорость перемещения, ско-

рость подачи электродной проволоки и т.д.) при этом на выбранных секторах трубы изменение параметров осуществляется АСУ. Так же ведется мониторинг по току и напряжения, тем самым дает возможность выдерживать вылет электрода в определенной рабочей точке во время сварки при заданном значении в сварочной программе. Настройка, подготовка и обслуживание во время работы сварочно-монтажной колонны сварочного оборудования выполняется высококвалифицированным персоналом - техниками СРС.

Количество сварочных комплексов (установок) в сборочно-сварочной колонне при поточно-расчлененном методе сварки определяется толщиной стенки труб газопровода и требуемой производительностью сварочно-монтажных работ.

К преимуществам можно отнести:

- высокая скорость сварки, так как сварка ведется на спуск и на сварочной головке используются две горелки с плавящимся электродом;
- применения инверторных импульсных источников питания дуги;
- простота и удобство выбора режима сварки с пульта дистанционного управления;
- применяемая зауженная разделка дает экономию сварочных материалов и снижает физическую нагрузку со сварщика-оператора.

К недостаткам этой технологии сварки можно отнести:

- для обслуживания комплекса необходим специализированный персонал;
- оборудование импортное поставка комплектующих запчастей затрачивается длительное время;
- сварка ведется в смеси газов поэтому доставка баллонов на место выполняемых работ затруднительна;

1.3.3 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах на медном подкладном кольце

Рассмотрим технологию сварки на подкладных медных пластинах на примере комплекса «Saturnax» :

- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками на спуск снаружи трубы корневого слоя и горячего прохода на медном подкладном кольце, установленном между рядами жимков внутреннего центратора;
- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками на спуск снаружи трубы двухваликовых заполняющих слоев шва;
- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками на спуск снаружи трубы двухваликового облицовочного слоя шва;
- односторонняя однодуговая сварка всех слоев шва, а также корректирующих слоев или отдельных слоев шва в случаях отказа одной из двух сварочных горелок при двухдуговой сварке.

1.4 Комбинация технологии при заварке полного стыка

Из-за физических ограничений производительности процесса сварки неповоротных стыков труб, связанных с возможностью удержания расплавленного металла сварочной ванны от вытекания в пространственных положениях, методами сварки со свободным формированием шва, производительность прокладки трубопровода напрямую зависит от производительности сварки монтажных стыков в условиях трассы.

Технологический процесс сварки неповоротных стыков труб включает следующие основные операции: сборку стыка, предварительный подогрев и сварку стыка. Непосредственно сварочные операции можно подразделить на сварку корня шва, выполнение первого заполняющего «горячего» прохода, заполнение разделки и выполнение облицовочного прохода. Так как выполнение «горячего» прохода снижает внутренние напряжения в корневом слое шва, то его необходимо выполнять по еще не успевшему остыть ниже регламентированной температуры подогрева металлу разделки.

Сравнительная оценка производительности различных вариантов сварки показала, что сварка с STT, хотя и обеспечивает стабильно высокое качество при выполнении корневых проходов, при определенном снижении требований к качеству сборки несколько уступает по производительности традиционным видам сварки плавящимся электродом. Применения комбинированной технологии автоматической орбитальной сварки трубопроводов, по которой сварку корневого прохода выполняют сплошной проволокой за два полуоборота плавящимся электродом с STT в CO₂, а сварку «горячего», заполняющих и облицовочного проходов – порошковой проволокой в среде в защитных газах.

Так же рассматривалась технология сварки корня шва на подкладном медном кольце с применением специальной разделки. Сварка всех слоев шва (корневого слоя, горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоя) выполняется в смеси газов с постоянным процентным содержанием (пределами) каждого газа (50 % CO₂ + 50 %) Ar. Для обеспечения равномерного заполнения разделки кромок перед сваркой облицовочного слоя в случае необходимости выполняться с отключением на сварочной головке одной сварочной горелки.

При сварке корня шва внутренней сварочной машиной без зазора в этой системе автоматической сварки «CRC-Evans AW» реализован процесс сварки тонкой электродной проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Конструкция и состав оборудования обеспечивают комплексное решение автоматизации сварки неповоротных стыков линейной части магистральных нефтепроводов, основанное на следующих технологических подходах [1]:

- повышение производительности сварки за счет уменьшения объема наплавленного металла при использовании специальной узкой разделки и сборки без зазора кромок в сочетании с повышенным коэффициентом наплавки при сварке тонкой электродной проволокой;
- использование быстродействующего пневматического центриатора и сокращение времени сборки стыка, так как нет необходимости устанавливать зазор;

- сокращение времени сварки корня шва за счет применения многоголовочного сварочного автомата;
- обеспечение высокого темпа производства работ на трассе магистрального трубопровода за счет высокой скорости сварки и совмещения сварки корневого шва и «горячего» прохода;
- компенсация неточностей сборки, обеспечение гарантируемого качества корневого слоя и всего шва в целом за счет применения процесса двусторонней сварки.

1.5 Оборудование применяемое для орбитальной сварки

1.5.1 Требования к сварочным источникам питания

Для реализации технологий сварки должны быть использованы однофазные управляемые источники сварочного тока для ручной, механизированной и автоматической сварки, отвечающие общим и специальным требованиям.

Возможность использования источников тока в составе передвижных и самоходных агрегатов при пониженном качестве автономной электросети переменного тока, характерного для сетей ограниченной мощности.

Общие требования к источникам сварочного тока:

- минимальные колебания установленных значений сварочного тока и напряжения из-за взаимного влияния постов (не более $\pm 5\%$ от установленных значений) при использовании источников тока для компоновки автономных многопостовых систем питания сварочного током.
- при колебаниях напряжения питающей сети от $+10\%$ до -10% от номинального значения, изменение установленной величины тока (напряжения) не должно превышать $\pm 2\%$.
- учитывая, что источники могут использоваться как стационарно, так и в составе автономных агрегатов питания, к ним предъявляются дополнительные требования:

- выпрямители должны иметь степень защиты не ниже IP22 по ГОСТ 14254.

По стойкости к воздействию внешних климатических и механических факторов источники должны отвечать следующим требованиям:

- температура окружающей среды (рабочее значение) от минус 40 °С до 40 °С;
- относительная влажность окружающей среды 80% при температуре 20 °С;
- группа по допустимым механическим воздействиям – не ниже М18 в соответствии с ГОСТ 17516.1.

Сварочное оборудование должно быть защищено отключающими предохранителями или автоматами со стороны питающей сети и соответствовать требованиям главы 7.6 ПУЭ [8] и ПТЭЭП [7].

Корпус любого сварочного оборудования необходимо надежно заземлять. Для присоединения заземляющего провода должен быть предусмотрен болт диаметром 5-8 мм, расположенный в доступном месте с надписью “земля” или соответствующим знаком. Последовательное заземление нескольких сварочных источников запрещается. [5]

Другие параметры должны соответствовать ГОСТ 13821. [5]

- динамические свойства должны обеспечивать переход от короткого замыкания дугового пространства к рабочему режиму за время не более 0,01 секунды.

- источники должны быть оснащены малогабаритными дистанционными регуляторами сварочного тока, обеспечивающими возможность регулирования тока, не обрывая дуги и устойчиво работающих с кабелем подключения длиной до 35 метров.

– для надежного возбуждения и стабильного горения при сварке электродами с различным металлургическим видом покрытия напряжение холостого хода должно быть в пределах от 70 до 80 В (или источники должны иметь устройство «горячего старта» с регулировкой величины импульса тока от 1,0 I св. до 1,8 I св.).

– для работы в особо опасных условиях (внутри металлических емкостей, в колодцах, туннелях, при наружных работах при влажности более 75%) выпрямители должны быть оснащены блоком ограничения напряжения холостого хода, обеспечивающего падение напряжения в течение не более 0,6 секунды с момента обрыва дуги до 12 В.

Требования к источникам для механизированной и автоматической сварки в защитных газах:

- номинальный сварочный ток при ПН = 100% не менее 300 А.
- жесткая выходная вольтамперная характеристика с крутизной наклона не более $0,04 \pm 0,005$ В/А.
- пределы регулирования напряжения на дуге от 14 до 35 В.
- возможность непрерывного регулирования напряжения с точностью $\pm 0,5$ В.
- специальные сварочные установки (например, STT II) должны обеспечивать форму изменения тока и напряжения, указанные в документации, с точностью $\pm 2\%$.
- возможность дистанционного включения и отключения напряжения на выходных клеммах источника с горелки или сварочного автомата.

Заключение.

В рассмотренных технологиях орбитальной сварки, их преимуществах и недостатках можно добавить следующее - для эффективной работы сварочно-монтажной колонны при поточно-групповом методе сварки скорость сборки и сварки корня шва задает темп всей колонны.

Сложность сварки в открытый зазор методом STT головками M300-C заключается в том что на этом оборудовании нет узла для регулировки угла электрода таким образом чтобы давление дуги всегда было встречно к отрывающему усилию. В настоящее время в современных автоматах это отсутствует.

В пункте 1.2.2 и 1.6.3.1 настоящего раздела была рассмотрена технология орбитальной сварки корня шва на подкладных медных пластинах. Орбитальная сварка корня шва осуществляется снаружи с применением сварочной проволоки сплошного сечения в специальную разделку (см. рис 7) в смеси газов Ar 50% + CO₂ 50% . При этой технологии сварки основное затруднение происходит на этапе сборки стыка. К ним относятся более жесткий входной контроль труб на предмет повреждения кромки (забоины, вмятины) а так же при осуществлении центровки трубы есть вероятность повреждения подкладных медных пластин. [5]

Главная задача обеспечить плотное прилегание медных пластин по всему периметру стыка перед сваркой корня шва. Если же этого не будет достигнуто при сборке, и на каких то участках образуется зазор (между внутренней плоскостью трубы и медной пластиной), то это приведет к дефектам, таким как прожогу или выплеску сварочной ванны на основной металл трубы.

Сварка горячего прохода, заполняющих, облицовочного шва ведется в смеси газов Ar + CO₂ 50/50. То-есть сварка практически проходит в чистом

CO₂, что ведет как к ухудшению технологических свойств сварочной дуги, так и к ухудшению механических свойств, ударной вязкости сварного шва. По сравнению применяемой смесью газов с процентным преобладанием на стороне аргона (свыше 75%) ведет к улучшению технологических свойств сварочной дуги, в том числе механических свойств сварного стыка.

По- этому сварка в этой смеси газов сопровождается характерным повышенным разбрызгиванием металла сварочной ванны, что ведет к дополнительным трудозатратам на межслойную зачистку сварного шва и очистку сопла сварочной горелки.

Наиболее эффективная из рассмотренных технологий орбитальной сварки, применяемая при строительстве магистрального газопровода на сегодняшний день, является двух сторонняя сварка проволокой сплошного сечения в смеси газов Ar 80% + CO₂ 20% в специальную зауженную разделку.

Для быстрой сборки и качественной сварки корня шва применяется самоходный сварочный центратор, на котором установлены восемь сварочных головок, при этом каждая осуществляет сварку своего участка периметра трубы, что позволяет практически одновременно со сваркой корня шва осуществлять сварку горячего прохода.

Сборка труб осуществляется достаточно просто- потому как нет необходимости выставлять зазор. Сварка заполняющего и облицовочного шва ведется с наружи в зауженную разделку, двумя сварочными головками.

2. Разработка концепции автоматической орбитальной сварки неповоротных стыков трубопроводов.

При выборе и анализе технологических процессов сварки корневого, горячего и облицовочного слоёв и оборудование реализующего их были приняты следующие соображения:

- повышение энергоресурсосбережения;

- повышение производительности;
- надежность работы оборудования;
- гарантия качества сварного соединения.

Повышение энергоресурсосбережения достигается за счет применения зауженной разделки, которая позволяет уменьшить сечение сварного шва по сравнению с другими разделками. Применяя зауженную разделку уменьшается затраты на сварочные материалы, увеличивается скорость сварки, а также уменьшаются затраты на энергоресурсы и трудо затраты.

Повышение производительности в сварочных колоннах поточно-расчлененным методом, улучшается за счет увеличения скорости сварки корня шва и заполняющих слоев. Это достигается при сварки корня шва изнутри трубы с применением много головочного автомата, где сварка осуществляется четырьмя горелками сразу, что значительно увеличивает скорость сварки не теряя при этом качество сварного шва.

В рассмотренных технологиях сварки если производители сварочного оборудования и получали хорошую скорость сварки корневого шва, то проигрывали на скорости заполняющих и облицовочного шва, применяя автоматическую орбитальную сварку на подъем в заводскую разделку с углом раскрытия кромок 60° .

Таким образом наиболее целесообразней использование зауженной разделки кромок и применение двух дуговых сварочных головок для сварки заполняющих и облицовочного швов более эффективно по сравнению одно дуговыми. Потому как можно выполнять сварку двух заполняющих или облицовочных швов одновременно за один проход.

Надежность работы сварочного оборудования в целом складывается от качества изготовления, ресурса работы. Так как рассматривается метод поточно расчлененный при строительстве линейной части магистрального трубопровода, то время сварки распределяется на каждое звено и количество постов зависит от толщины стенки трубы. Таким образом уменьшается время сварки и время

эксплуатации всего сварочного оборудования, что значительно продлевает срок службы.

Гарантия качества сварного соединения может быть обеспечена при применении высоко технологичного сварочного оборудования в том числе сварочных материалов.

Использование специальной зауженной разделки- для орбитальной автоматической сварки труб без зазора позволяет осуществлять сварку корня шва изнутри и сократить время на сборку стыка. Применением много головочного - автомата, дает возможность регулировать ток и напряжение на каждом секторе трубы с учетом особенности сварки в этом пространственном положении электрода. Применяя эту разделку практически сразу можно осуществлять сварку «горячего» прохода, что обеспечивает хорошие механические свойства корня шва. Так же зауженная разделка позволяет уменьшить критическую массу сварочной ванны, что обеспечивает хорошее формирование сварного шва во всех пространственных положениях.

Применение импульсных источников питания сварочной дуги дает гибкость в управлении переносом электродного металла. Эти источники питания применяя для сварки «горячего» прохода получаем короткую дугу, что дает большее проплавление, а для заполняющих и облицовочных слоев сварного шва можем применять струйный режим или мелкокапельный перенос электродного металла, что дает возможность получить высокие механические свойства основного металла шва.

Установлено, что для автоматической орбитальной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, лучше применять смесь газов Ar +CO₂ с соотношением 80/20 , а не 50/50 так как в смеси газов где преобладает аргон технологические свойства сварочной дуги выше что дает меньше потерь металла на разбрызгивание и улучшает пластические свойства сварного шва.

3 Разработка технологии сварки корневого слоя шва

3.1 Назначение стали 10Г2ФБЮ

Низкоуглеродистые низколегированные стали перлитного класса применяются в различных конструкциях взамен углеродистых, обеспечивая снижение металлоемкости на 20-50 %. Они широко используются в строительстве трубопроводов, конструкций газонефтехимических производств, судов, мостов и других сооружений, эксплуатируемых в температурном интервале от -70 до +475 в зависимости от химического состава и структурного состояния, обеспеченного термообработкой. [9.]

3.2 Характеристика сварной конструкции

3.2.1 Материал сварной конструкции

Трубы магистральных газопроводов изготавливают из стали 10Г2ФБЮ. Сталь 10Г2ФБЮ – это микролегированная сталь перлитного класса (содержание углерода до 0,10%). Одним из наиболее эффективных средств повышения качества низкоуглеродистых сталей является их упрочнение за счет легирования такими элементами, как Si, Mn, и повышения дисперсности структуры посредством термической или термомеханической обработки. Для компенсации понижения прочности легируют марганцем до 1,6% [9]. Mn упрочняет феррит, снижает температуру начала $\gamma \rightarrow \alpha$ – превращения, способствует процессу карбидообразования. Cr и Mo существенно снижают критическую скорость охлаждения, подавляют перлитное превращение, расширяют область промежуточных превращений на диаграмме.

Такие элементы, как Al, Ti, Nb, интенсифицируют процесс $\gamma \rightarrow \alpha$ – превращения при высоких температурах, способствуя увеличению числа центров кристаллизации и получению мелкозернистой структуры. Благоприятное влияние на ударную вязкость металла шва и зоны термического влияния оказывают следующие факторы: снижение содержания C и N для повышения вязкости матрицы; легирование Ti, образующим труднорастворимые при нагреве нитриды TiN и препятствующие росту зерна аустенита, микролегирование B с целью повышения дисперсности ферритной составляющей структуры.

По содержанию S и P эту сталь можно отнести к качественным сталям.

Химический состав стали 10Г2ФБЮ представлен в таблице 3.1 [10]

Таблица 3.1 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ

C, %	Si, %	Mn, %	V, %	Nb, %	N ₂ , %	S, %	P, %	Ni, %	Al, %
0,08- 0,10	≤0,30	≤1,6	0,4- 0,08	0,048	≤0,006	0,002	0,015	0,04- 0,07	0,034

Механические свойства стали 10Г2ФБЮ представлен в таблице 3.2 [10].

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Ударная вязкость при температуре -60°С, Дж/см ²
650	510	97

3.3. Оценка технологической свариваемости материала

Свариваемость - это способность металлов образовывать качественное соединения соответствующее эксплуатационным требованиям.

Применение микродобавок ванадия, ниобия и титана позволило значительно повысить механические свойства стали за счет выделения карбидных и карбонитридных фаз. Эти стали (10Г2ФБ, 09Г2ФБ, 10Г2ФБЮ и т.п.) более склонны к росту зерна в околосшовной зоне, а при высоких скоростях охлаждения в них появляются неравновесные структуры закалочного характера и холодные трещины. [9]

На образование закалочных трещин отрицательную роль играет растворенный в металле водород, причем тем более сильную, чем больше эквивалент углерода свариваемой стали.

При сварке трубных сталей необходимую температуру подогрева определяют с использованием эквивалента C_э по формуле:

Эквивалент углерода определяется по формуле [1]:

$$C_3 = C_x + C_p, \quad (1)$$

Где C_x – химический эквивалент углерода;

C_3 - размерный эквивалент углерода.

Соответственно, химический эквивалент углерода, согласно [11,2],

Определяется с помощью выражения:

$$C_x = C + \frac{1}{6} \cdot Mn + (Cr + Mo + V + Ti + Nb) / 5 + (Cu + Ni) / 15 + 15B \quad (2)$$

Таким образом:

$$C_x = 0,1 + \frac{1}{6} \cdot 1,6 + (0 + 0 + 0,08 + 0 + 0,048) / 5 + 0,04 / 15 + 0 = 0,39\%.$$

Размерный эквивалент углерода определяется по формуле, [1,]:

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_x,$$

где S - толщина свариваемой стали, $S=19,5$ мм.

Следовательно, размерный эквивалент углерода равен:

$$C_p = 0,005 \cdot 19,5 \cdot 0,39 \approx 0,038\%.$$

А эквивалентное содержание углерода:

$$C_3 = 0,39 + 0,038 = 0,43\%.$$

Поскольку C_3 оказалось близкое к 0,45%, то предварительный подогрев для данной марки стали необходим перед сваркой корня шва.

Рассчитаем температуру предварительного подогрева по формуле:

$$T_{II} = 350 \sqrt{C_{ЭКВ}} - 0,25 \quad (4)$$

$$T_{II} = 350 \sqrt{0,43} - 0,25 = 148 \text{ C}^0$$

Микролегированные стали с содержанием углерода $\leq 0,1$ % обладают благоприятной свариваемостью. Свойства сварных соединений при сварке на по-

гонной энергии до 50 кДж/см, как правило, удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Увеличение погонной энергии сварки сопровождается увеличением количества доэвтектоидного феррита и интенсивным снижением ударной вязкости металла околошовного участка зоны термического влияния сварных соединений.

Трубы из стали 10Г2ФБЮ свариваются методами автоматической орбитальной сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов.

При автоматической орбитальной сварке корневого слоя шва неповоротных стыков термоупрочненных труб из микролегированных сталей с уровнем прочности 600 МПа применяют сварочные проволоки типа Э-50. Для сварки заполняющих слоев шва неповоротных стыков используют сварочные проволоки типа Э-60 в соответствии с ГОСТом 2246-70.

Обоснование выбора разделки

Сварная конструкция состоит из двух труб 1 и 2 представленных на рисунке 3.1.

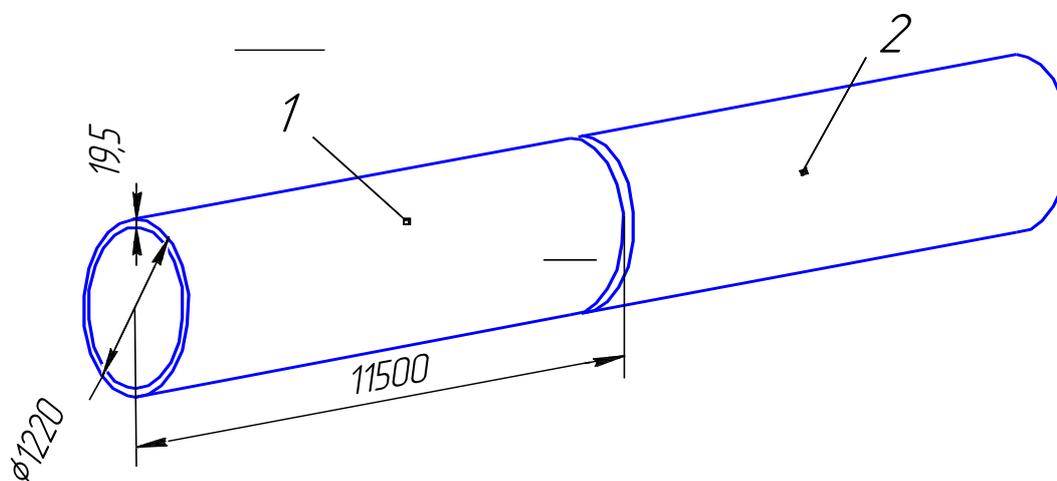
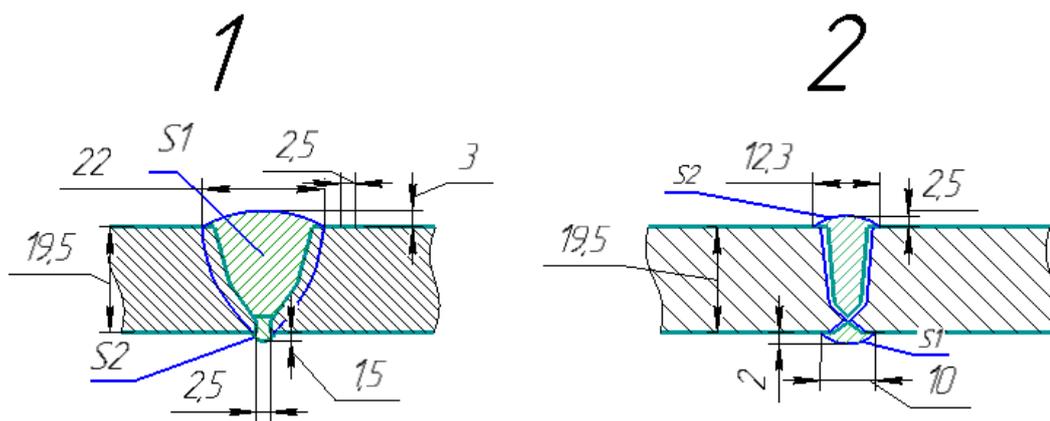


Рисунок 3.1. – Эскиз изделия



Для разделки №1

$$S_{\text{общ}} = 265 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{общ}} = S1 + S2$$

Для разделки №2

$$S_{\text{общ}} = 130 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{общ}} = S1 + S2$$

Рисунок 3.2. – Форма разделки кромок

Рисунок 3.2-1 – Геометрия шва применяемых для орбитальной сварки с зазором

Где S1-площадь сечения заполняющих и облицовочного шва; $S1=247 \text{ мм}^2$;

S2-площадь сечения корневого слоя; $S2=18 \text{ мм}^2$.

В соответствии с разработанной концепцией автоматической орбитальной сварки линейной части трубопровода сварку корневого слоя шва горячего прохода, заполняющих, облицовочных слоев шва из рисунка 3.2. выберем специальную заууженную разделку под №2

Сварку корневого слоя шва необходимо осуществлять изнутри многоголовочным автоматом без выставления технологического зазора, что значительно сокращает время на сборку труб перед сваркой.

В концепции также было обосновано применение сварочных материалов и смеси защитных газов для получения качественного сварного соединения. На данном оборудовании применяются импортные сварочные материалы, что в настоящий момент является не выгодным экономически в связи с увеличением стоимости импорта. Поэтому для сварки корневого шва, заполняющих и облицовочного швов в рамках данного проекта применим сварочную проволоку

марки ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø0,1мм в защитной среде газов 80/20% (Ar+CO₂).
В замен сварочной проволоки указанной в табл. 3.5.

В табл.3.3 и 3.4 показаны химический состав и механические свойства сварочной проволоки ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø0,1мм согласно ТУ1227-022050133500-2014 AWS A5.28: ER 100-S.

Табл.3.3 Химический состав ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø0,1мм

С	Содержание элементов в процентах, %								
	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	S	P
≤0,10	0,60	1,40- 1,80	≤0,3	0,8- 1,2	-	0,03	≤0,15	≤0,025	≤0,025

Табл.3.4 Механические свойства ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø0,1мм

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Ударная вязкость при температуре -60°С, Дж/см ²
620	540	107

Проволоки сплошного сечения для автоматической сварки в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб импортного производства

Табл.3.5

Назначение	Марка	Классификация	Диаметр, мм	Производитель
1	2	3	4	5
Для сварки первого внутреннего (корневого) слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. многоголовочным автоматом ИВМ (IWM) фирмы «CRC-Evans AW»	Thyssen K-Nova (TS-6)	E R 70 S – G по AWS A5.28	0,9	Böhler-Schweißtechnik Deutschland (Германия)

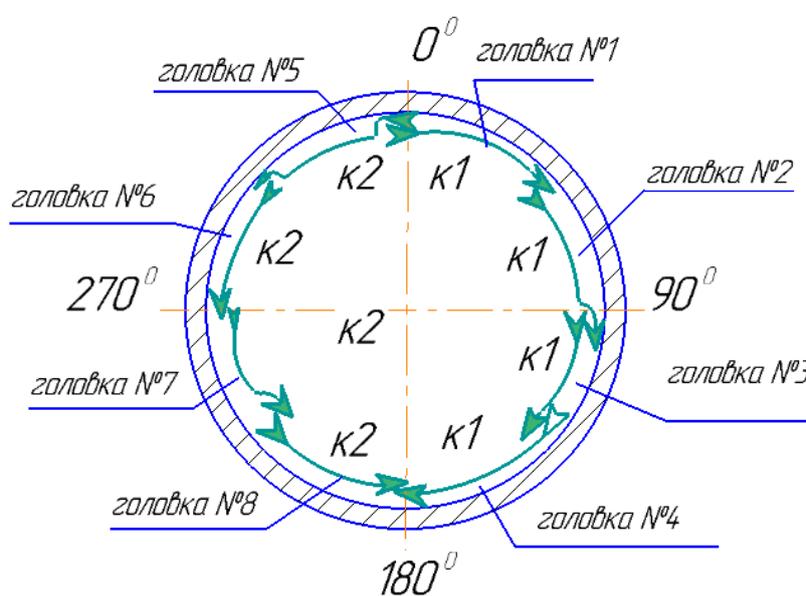
Назначение	Марка	Классификация	Диаметр, мм	Производитель
Для сварки первого наружного слоя («горячего прохода»), заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками П-200 (P-200), П-260 (P-260) фирмы «CRC-Evans AW» и сварочными головками EBM (EWM) фирмы «Autoweld Systems»				
Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками П-600 (P-600) фирмы «CRC Evans AW»	К-600	E R 80 S по AWS A5.28	1,0	Böhler– Schweißtechnik Deutschland (Германия)

Проволока ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø 1,0мм, потому как она отечественного производства более жёсткая по отношению к сварочной проволоки Ø0,9мм и даёт возможность уменьшить скорость подачи по отношению сварочной проволоке с меньшим диаметром и при этом снизить нагрузку на подающий механизм на 10-12%, при этом не теряя скорости сварки. Многоголовочный автомат выполняет сварку сразу четырьмя сварочными головками одного полупериметра трубы. Регулировка скорости подачи проволоки осуществляется на каждую сварочную головку в отдельности. Как было изложено в концепции это позволяет осуществлять гибкость регулировки режима сварки на каждом участке сварки определенной головкой.

Расположение сварочных головок сделано таким образом, что позволяет отрегулировать перекрытия «замков», то есть перехлест участков в месте сварки корня шва начала предыдущей головки и окончания последующей головки. Перехлест «замков» составляет 5-6 мм для сварки в потолочном положении и 10-12 мм в вертикальном и нижнем положении.

Сварка внутреннего (корневого) слоя шва выполняется на спуск изнутри трубы многоголовочным сварочным автоматом, вначале в положении от 000 ч до 600 ч одновременно всеми сварочными головками, расположенными по одну сторону многоголовочного сварочного автомата, затем в положении от 1200 ч до 600 одновременно всеми сварочными головками, расположенными по другую сторону многоголовочного сварочного автомата. Рис.3.3.

Схема расположения замков изображена на рис. 3.3



К- внутренний корневой шов

3.4. Расчет режимов сварки корневого шва.

Для сварочной проволоки $\varnothing 1,0$ мм режимы сварки возьмем из таблицы 10.15 – Рекомендуемые режимы сварки комплексом «CRC-Evans» внутреннего (корневого) слоя шва многоголовочным автоматом «ИВМ» («IWM») [5]

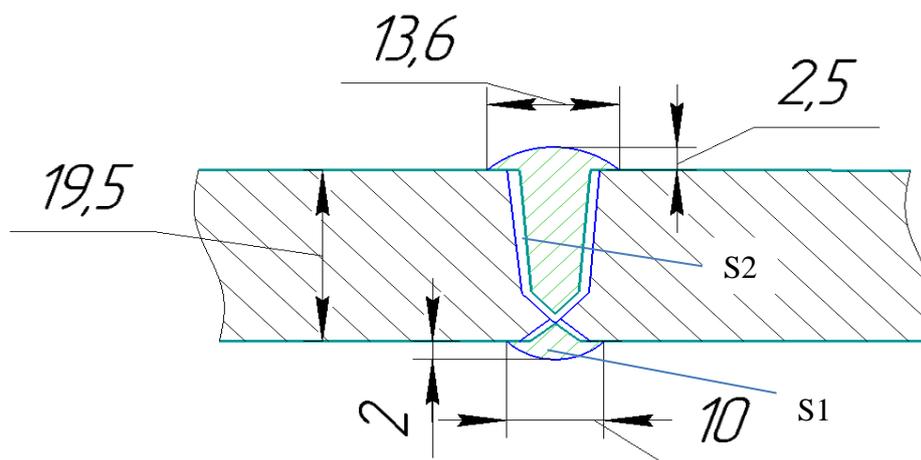


Рис.3.4 Геометрические элементы и площади сечения стыкового шва.

При заданных геометрических размерах корня шва в графическом редакторе Компас 3D-V16 площадь наплавленного металла корня шва $S_1=19 \text{ мм}^2$ и для заполняющих слоев шва $S_2=111,6 \text{ мм}^2$. Для стенки 19,5мм количество заполняющих проходов будет 5 и облицовочных 2. [5]

Где для корня шва:

e_1 - ширина шва; $e_1=10 \text{ мм}$;

q_1 – усиление шва; $q_1=2 \text{ мм}$.

Для заполняющих и облицовочного слоев шва:

e - ширина шва; $e = 13,6 \text{ мм}$;

q – усиление шва; $q = 2,5 \text{ мм}$.

Определим силу сварочного тока по формуле [8].

Согласно [14], для диаметра проволоки $d_3 = 1,0 \text{ мм}$, допустимая плотность тока равна: $j = 90 \div 400 \text{ А} / \text{мм}^2$.

Принимаем $j = 254 \text{ А} / \text{мм}^2$.

Таким образом, сила тока при сварке корневого шва равна:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot j \quad (5)$$

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 254 \approx 200 \text{ А.}$$

Напряжение дуги определяется по формуле 18 [14]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{э}}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (6)$$

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1}} \cdot 200 \text{ А} \pm 1 = 20 \dots 21 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д} = 20 \text{ В}$.

Приведенные расчеты для сварки в среде защитных газов рассматриваются не в смеси газов $\text{Ar} + \text{CO}_2$ а в чистом газе CO_2 но при сварке в чистом активном газе угар марганца и кремния из сварочной проволоки выше и разбрызгивания больше, что ведет к значительным потерям наплавленного металла в следствии снижению коэффициента наплавки $\alpha_{н}$.

Для более точного расчетов воспользуемся рекомендацией в проведенной работе Юргинским технологическим институтом, где $\alpha_{н} = 14,0 \text{ г/А ч}$ для сварки в смеси газов $\text{Ar} + \text{CO}_2 \text{ } 80/20\%$; коэффициент расплавления $\alpha_{р} = 14,0 \text{ г/Ач}$. [12]

Определяют скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_{р} \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{эл} \cdot \gamma} \quad (7)$$

$$V_{пэл} = \frac{14 \cdot 200}{3600 \cdot 0,00785 \cdot 7,8} = 762 \text{ см/мин}$$

Для более точного определения скорости перемещения сварочной дуги используется методика расчёта по требуемой площади сечения наплавленного металла, формула (8):

$$V_{св} = \frac{\alpha_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{н}} \quad (8)$$

где α_n - коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ - плотность наплавленного металла, г/см³.

$$V_{св} = \frac{14,1 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,19} = 68 \text{ см/мин}$$

Табл.3.6 Режимов сварки корневого шва

Наименование параметра	Слой шва
	внутренний (корневой) слой
Диаметр проволоки, мм	1,0
Род тока, полярность	постоянный; обратная
Скорость подачи электродной проволоки, см/мин	762± 25%
Сила тока, А	200
Напряжение на дуге, В	20-21
Вылет электродной проволоки, мм	10,0
Скорость сварки, см/мин.	68 ± 5%
Защитный газ	80% Ar / 20% CO ₂
Расход газа, л/мин	35
Угол наклона электродной проволоки (вперед)	0° – 7°
Частота колебаний электродной проволоки, мин ⁻¹	без поперечных колебаний

4 Разработка технологии сварки заполняющего и облицовочного слоёв

В разработанной концепции показано, что наиболее эффективно экономически применение зауженной разделки для сварки заполняющих и облицовочных швов.

Сварку целесообразнее выполнять с применением двухдуговых сварочных головок типа Р600 которые позволяют сократить время сварки за счет выполнения двух заполняющих слоев сварного шва за один проход. Режимы сварки горячего и заполняющих слоев шва подберем из таблиц 15 и 17 [5]

4.1 Расчет режимов сварки горячего и заполняющих слоев шва

4.1.1 Расчет режимов сварки для горячего прохода

Сварочный ток примем $I_{св}=265\text{А}$ [5]

Напряжение дуги для горячего прохода определяется по формуле [6]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{э}}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (6)$$

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1}} \cdot 265\text{А} \pm 1 = 33..34\text{В}$$

Определяют скорость подачи для горячего прохода электродной проволоки по формуле:

$$V_{пэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{эл} \cdot \gamma} \quad (7)$$

$$V_{пэл} = \frac{14 \cdot 265}{3600 \cdot 0,00785 \cdot 7,8} = 1020 \text{ см/мин}$$

Скорость сварки для горячего прохода:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n} \quad (8)$$

где α_n - коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ - плотность наплавленного металла, г/см³.

$$V_{св} = \frac{14 \cdot 265}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,06} = 132 \text{ см/мин}$$

4.1.2 Расчет режимов сварки для заполняющих слоев шва

Согласно диапазону сварочных токов из таблицы 17[5] примем ток сварки $I_{св} = 210$ А, коэффициент наплавки $\alpha_n = 14$ г/А·ч, площадь сечения первого заполняющего прохода составит $S_3 = 15,4$ мм² измеренном в графическом редакторе Компас 3D-V16.

Напряжение дуги для горячего прохода определяется по формуле [18, С.13]:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (6)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,9}} \cdot 210 \pm 1 = 30,5..31,5$$

Определяют скорость подачи для горячего прохода электродной проволоки по формуле (7):

$$V_{пэл} = \frac{14 \cdot 210}{3600 \cdot 0,00785 \cdot 7,8} = 798 \text{ см/мин}$$

Скорость сварки первого заполняющего прохода [8]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (8)$$

$$V_{св} = \frac{14 \cdot 210}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,0154} = 40,8 \text{ см/мин}$$

4.1.2 Расчет режимов сварки для последнего заполняющего или корректирующего шва

Из таблицы 17[5] примем ток сварки $I_{св} = 195$ А, коэффициент наплавки $\alpha_n = 14$ г/А·ч, площадь сечения первого заполняющего прохода составит $S_8 = 11$ мм² измеренном в графическом редакторе Компас 3D-V16.

Напряжение дуги для корректирующего прохода определяется по формуле (6):

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{I}} \cdot 195 \text{ А} \pm 1 = 29,7 \dots 30,7 \text{ В}$$

Определяют скорость подачи для корректирующего прохода электродной проволоки по формуле (7):

$$V_{пэл} = \frac{14 \cdot 195}{3600 \cdot 0,00785 \cdot 7,8} = 744 \text{ см/мин}$$

Скорость сварки корректирующего прохода определим из формулы (8):

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}$$

$$V_{св} = \frac{14 \cdot 195}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,11} = 53 \text{ см/мин}$$

Схема сварки горячего прохода неповоротных стыков трубопровода изображена на Рис. 14. Сварка первого наружного слоя шва (горячего прохода) выполняется на спуск снаружи трубы двумя двух дуговыми сварочными головками, перемещающимися по направляющему поясу, при этом одна сварочная головка выполняет сварку в положении от 0^{00} ч до 6^{00} ч, другая в положении от 12^{00} ч до 6^{00} .

Сварку следует начинать после выполнения не менее 250 мм внутреннего (корневого) слоя шва на соответствующем полупериметре трубы.

Таблица.4.1 Режимов сварки горячего и заполняющих слоев шва

Наименование параметра	Порядок наложения слоев		
	Горячий проход	заполняющие	последний заполняющий
Диаметр проволоки, мм	1,0		
Род тока, полярность	постоянный; обратная		
Скорость подачи электродной проволоки, см/мин	1020	1095	570
Сила тока, А	265	210	150
Напряжение на дуге, В	34	31	28,5
Вылет электродной проволоки, мм	10	13,0	13,0
Скорость сварки, см/мин	132	40,8	37
Защитный газ	80 % Ar / 20 % CO ₂		
Расход газа, л/мин	35		
Угол наклона электродной проволоки (вперед)	0° – 7°		
Частота колебаний электродной проволоки, мин ⁻¹	0	140–190	140–190
Амплитуда колебаний электродной проволоки, мм	регулируется по ширине разделки		

Интервал времени между окончанием сварки внутреннего (корневого) слоя шва и началом сварки первого наружного слоя (горячего прохода) при автоматической двухсторонней сварке должен составлять не более 10 мин. В случае превышения указанного интервала времени следует выполнить сопутствующий

(межслойный) подогрев сварного соединения до температуры предварительного подогрева. [5]

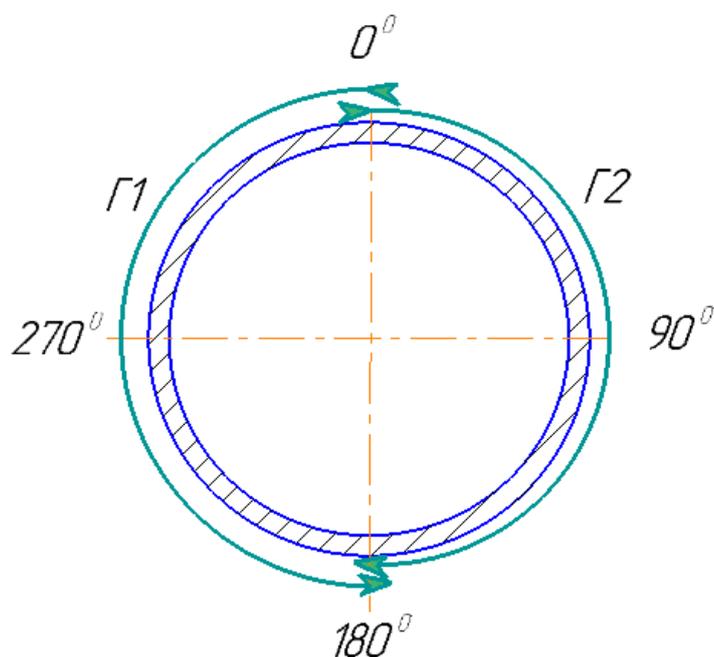


Рис.4.1. Схема автоматической двухсторонней сварки горячего прохода.

Г1- горячий проход выполняет первая головка;

Г2- горячий проход выполняет вторая головка.

4.1.4 Расчет режимов сварки для облицовочного шва

Из таблицы 17[4] примем ток сварки $I_{св} = 150$ А, коэффициент наплавки $\alpha_n = 14$ г/А·ч, площадь сечения первого заполняющего прохода составит $S_9 = 12$ мм² измеренном в графическом редакторе Компас 3D-V16. Общая площадь облицовочного шва составляет 24мм², но для хорошего формирования шва чтобы исключить расплескивание ванны и образования подрезов, разобьем на два прохода.

Рассчитаем напряжение на дуге для облицовочного прохода по формуле (6):

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{I}} \cdot 150A \pm 1 = 27,5 \dots 28,5B$$

Определим скорость подачи электродной проволоки по формуле (7):

$$V_{пэл} = \frac{14 \cdot 150}{3600 \cdot 0,00785 \cdot 7,8} = 570 \text{ см/мин}$$

Скорость сварки облицовочного прохода определим из формулы (8):

$$V_{св} = \frac{14 \cdot 150}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,12} = 37 \text{ см/мин}$$

Табл.4.1. Режимов сварки облицовочного шва

Наименование параметра	Слой шва
	внутренний (корневой) слой
Диаметр проволоки, мм	1,0
Род тока, полярность	постоянный; обратная
Скорость подачи электродной проволоки, см/мин	570 ± 25%
Сила тока, А	150
Напряжение на дуге, В	28
Вылет электродной проволоки, мм	13,0
Скорость сварки, см/мин.	37 ± 5%
Защитный газ	75 % Ar / 25 % CO ₂
Расход газа, л/мин	35
Угол наклона электродной проволоки (вперед)	0° – 7°
Частота колебаний электродной проволоки, мин ⁻¹	без поперечных колебаний

Допускается регулировать параметры скорости сварки и скорости подачи сварочной проволоки в пределах $\pm 25\%$ от номинальных значений для предотвращения стекания металла сварочной ванны на вертикальных участках, регулирования высоты заполняющих слоев шва, а также формы и размеров облицовочного слоя шва в различных пространственных положениях. [5]

Сварка последующих наружных слоев шва (заполняющих и облицовочного) выполняется на спуск снаружи трубы двумя одно- или двухдуговыми сварочными головками, перемещающимися по направляющему поясу, при этом одна из сварочных головок выполняет сварку в положении от 0° ч до 6° ч, а другая сварочная головка вначале выполняет сварку вначале в положении от 9° ч до 6° ч, затем в положении от 12° ч до 9° ч. Сварка следующего слоя выполняется по противоположной схеме. Схема выполнения сварки наружных слоев шва показана на Рис.4.2.

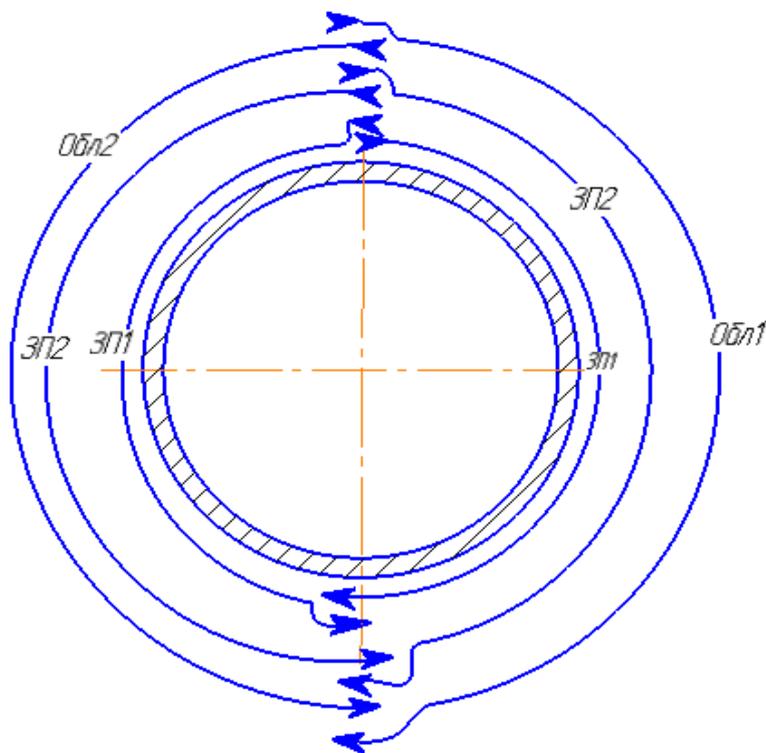


Рис.4.2.Схема выполнения сварки наружных заполняющих и облицовочного слоев шва.

Где **ЗП2** и **ЗП1** – порядок выполнения сварки заполняющих слоев;

Обл1 и Обл2- порядок выполнения сварки облицовочного шва.

5 Оборудование для сварки корневого слоя

Для сварки корня шва применено следующие оборудование:

Внутренняя самоходная многоголовочная сварочная машина IWM 46-48 CRC Evans Wide 8 Head

Технические характеристики:

Скорость перемещения от стыка к стыку.....3фут/сек

Скорость движения привода кольца(скорость сварки).....30 дюйм/мин

Скорость движения проволоки.....340 дюйм/мин

Поток защитного газа.....50 фут³/час/напор

Число сварочных головок8 шт

5.1 Источники питания сварочной дуги корневого слоя шва

При дуговой сварке в среде защитных газов сварочная дуга имеет возрастающую вольт-амперную характеристику. Для обеспечения стабильности процесса и устойчивости работы энергетической системы источник питания-дугаванна требуется источник питания дуги с жесткой или пологопадающей внешней вольт-амперной характеристикой. [14]

Источники питания с жесткой вольт амперной характеристикой с входным переменным напряжением 380В должны отвечать требованиям по безопасности при их эксплуатации изложенных в пункте 1.5.1. К таким источникам питания относятся Idealarc DC400 Lincoln Electric, Invertec V350 Pro, Power Wave 455 Lincoln Electric и другие. [4]

Для сварки корневого слоя шва необходимо четыре источника питания так как сварка корня шва ведется одновременно четырьмя сварочными головками. Из приведенного списка источников питания выберем Idealarc DC400 Lincoln Electric.

Это источник питания обеспечивает высокотехнологичные свойства сварочной дуги за счет скомпонованного трансформатора, трехфазного полууправляемого выпрямителя, конденсаторного блока, соленоида контроля дуги и полупроводниковой системы управления.

Источник питания оборудован схемой компенсации колебаний сетевого напряжения. Схема обеспечивает постоянство уровня выходного напряжения при 10% колебаний как в большую, так и в меньшую сторону входного напряжения. Компенсация обеспечивается системой обратной связи контрольного контура аппарата.

Электронная схема управления выходной мощностью источника построена на полупроводниковых тиристорах. В отличие от контактно-механических систем регулировки, тиристоры обеспечивают значительно больший срок службы источника и удовлетворяют высоким требованиям современных сварочных процессов таб.5.1

Технические характеристики Idealarc DC400 Lincoln Electric в табл.5.1

Частота сети питания	50/60 Герц		
Выходные характеристики:	(Постоянный ток)		
Сварочный ток, А	500	450	400
Напряжение, В	40	38	36
ПВ, %	50	60	100
Диапазон выходных характеристик:			
Минимальные	60А/12В-жесткая (22В-крутопадающая)		
Максимальные	500А/42В-жесткая, крутопадающая		
Максимальное напряжение холостого хода, В	54-крутопадающая (45,5-жесткая CVI)		
Сеть питания :	220/440		
Стандартные напряжения, В	220/380/400		
На режиме CVI:	230/400		

Номинальный ток сети питания	47А (380В/50Гц) при 400А/34В
Потребляемая мощность, Киловольт-ампер	30,9(50Гц) при 400А/34В
Коэффициент мощности	0,61(50Гц) при 400А/34В
КПД	72% (50Гц) при 400А/34В
Ток в сети питания на холостом ходу	7,2А(380В/50Гц)
Потребляемая на холостом ходу мощность	1КВатт
Вес	215 кг
Соответствие стандартам	IEC 974-1, Рейтинг «S» (только модели на 230/400В) NEMA EW 1 (все остальные IP23)

6 Оборудование и источники питания для сварки заполняющих и облицовочного швов

Для обеспечения требований изложенных в концепции сварку заполняющих и облицовочного швов в заузенную разделку применим компьютеризированную сварочную систему Р-600.

Эти сварочные головки обеспечены двумя горелками установленных на движущейся каретки которая в свою очередь устанавливается на пояс и закрепляется к нему с помощью замков эксцентриков. К горелкам подводится охлаждающая жидкость, что дает возможность осуществлять сварку швов длительное время без остановки на высоких токах. Сварочная головка Р-600 оборудована одним двигателем перемещения, отвечающим за перемещение каретки, двумя двигателями, отвечающими за колебание сварочной горелки, и двумя двигателями, отвечающими за вертикальное перемещение сварочной горелки.

Двигатель перемещения осуществляет скорость сварочной головки от 12,7см до 152,4см/минуту.

В компьютеризированную сварочную систему Р-600 входит модуль управления и подачи проволоки. Модуль управления и подачи проволоки состоит из платы центрального процессора, которая управляет перемещением сварочной горелкой и каретки, а также двигателями подачи проволоки. В модуль входят два двигателя подачи сварочной проволоки которые обеспечивают скорость подачи сварочной проволоки от 254 – 1524 см в минуту.

Модуль управления и подачи проволоки снабжает энергией и взаимодействует с блоком управления источника питания и пультом ручного управления. Жидкокристаллический сенсорный дисплей, размещенный на передней стороне модуля управления и подачи проволоки, служит для изменения скорости подачи проволоки, скорости перемещения, времени обратного горения, времени наполнения кратера сварного шва, времени очистки и иных параметров процесса сварки для ведущей и замыкающей горелок. [16]

В комплексе с сварочными головками Р600 применяются ряд источников питания такие как:

- TransPulsSynergic Fronius 3200;
- Сварочный выпрямитель MILLER XMT 456.

Технические характеристики сварочных источников питания в табл.5.2

Табл.5.2 Технические характеристики сварочных источников питания

Название аппарата	TransPulsSynergic 3200	Miller XMT 456
Напряжение холостого хода, В	70-80	95
Макс. сварочный ток, А	400	600
Мин. сварочный ток, А	3	5
Диапазон рабочего напряжения, В	14,2-30	10-38
Класс защиты	IP23	IP21S
Сетевой предохранитель, А	35	35

Частота сети, Гц	50-60	50-60
Сетевое напряжение, В	3x400	3x380
Номинальный сварочный ток (ПВ%),А, напряжение постоянное	220 при 18В (100), 320 при 30В (40)	450 при 38В (100), 565 при 43В (60)
Потребляемая мощность, кВА	10,4	21,2
Масса, кг	34,6	53,5

Из предложенных источников питания наиболее подходящий источник питания для сварки плавящимся электродом в среде защитных газов TransPulsSynergic Fronius 3200.

Это источник питания с цифровым управлением его система способна работать с различными сварочными процессами (MIG/MAG, TIG, MMA), а также выполнять роботизированную сварку. Данный прибор дает возможность осуществлять высококачественную сварку при различных типах сварочных токов – от сварки как короткими замыканиями так и в импульсном режиме.

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе выполняется технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений. К таким решениям относится обоснование выбора рационального процесса сварки изделия из двух сравниваемых вариантов: автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов и автоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов

Исходные данные для проведения сравнительного анализа

Основные параметры сварных швов, а так же общая протяженность швов специального трубопровода определялись по рисунку 8.1

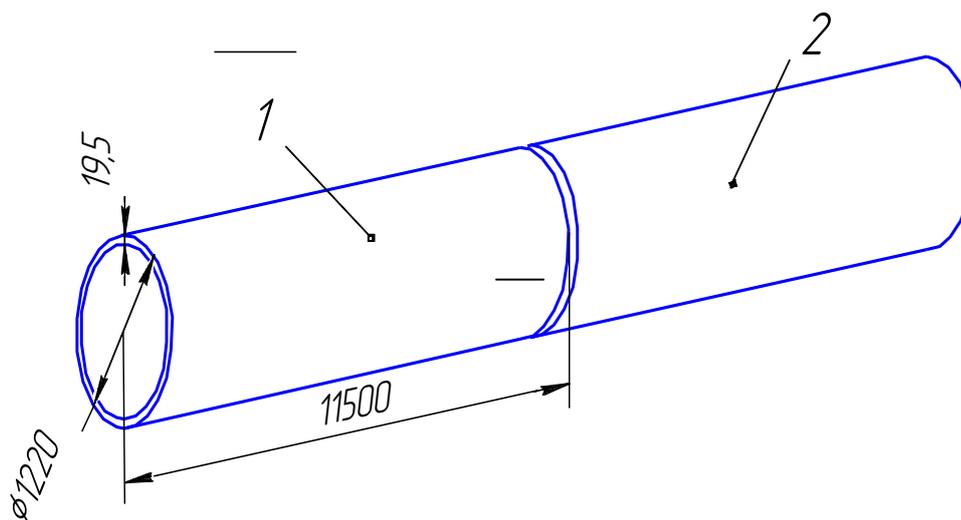


Рис 8.1 – Участок трубопровода

Условия монтажа и сварки трассовые. Таким образом осуществляется сборка и сварка линейной части трубопровода. Выбор рационального варианта на основе расчета частных показателей может быть сделан обоснованно лишь в тех случаях, когда выбираемый вариант имеет преимущества по основным показателям.

Поэтому приходится прибегать к расчету обоих экономических показателей, которые позволяют оценить достоинства и недостатки, привести к общему знаменателю и на основе сделанного выбрать подходящий способ сварки. Для этого необходимо провести расчет режимов, нормирование обоих способов сварки.

8.1 Выбор режимов сварки свариваемых способов

Расчет режимов сварки проводим для сварки стыка. Соединение стыковое с разделкой кромок как показано в таблице 14.

Таблица 14 – Типы, конструктивные элементы и размеры сварного соединения. (ГОСТ 16037-80 С24)

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S, мм	e		$e_1 \pm 2$		g = g ₁	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин., мм	Пред. откл., мм	мм	Номин., мм	Пред. откл., мм	
С24			18	26	±3	10	0,5	+2 -0,5	

Выбор диаметра электрода осуществляем согласно [5], из чего следует, что при сварке многослойных или многопроходных швов первый проход (корень шва) выполняется электродом диаметром 1,0 мм, а последующие диаметром 1,3мм

№	Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Количество проходов	Суммарная длина швов, м
1	ГОСТ16037-80-С24 ЗП	265	7	30,64
2	ГОСТ16037-80-Тр12 ЗП	130	8	30,64

Достоинства и недостатки сравниваемых процессов производства

Для наглядности приведем достоинства и недостатки рассматриваемых способов сварки (таблица)

Автоматическая сварка порошковой проволокой в среде защитных газов в двухскосою разделку	Автоматическая сварка плавящимся электродом среде защитных газов в зауженную разделку
Преимущества способа:	Преимущества сварки в зауженную

<ul style="list-style-type: none"> - простота процесса и оборудования; - спектр свариваемых толщин от 10мм 	<p>разделку:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокая производительность (приблизительно в 4 раза выше, чем при сварки в стандартную разделку; - малая зона термического влияния и относительно небольшие деформации изделий в связи с высокой степенью концентрации дуги; -высокое качество защиты, отсутствие необходимости применения зачистки швов при многослойной сварке;
<p>Недостатки способа:</p> <ul style="list-style-type: none"> -не высокая производительность; - большие расходы сварочных материалов из-за большего сечения шва; -многофакторность качества; - необходимость защиты зоны сварки от сквозняков 	<p>Недостатками способа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - необходимость квалифицированного персонала для сопровождения комплекса на всех этапах работы сварочной колонны; - необходимость защиты зоны сварки от сквозняков

8.2 Сварочные материалы

В качестве сварочных материалов используются сварочные проволоки для сварки в заводскую разделку двухскосою порошковой проволокой заполняющие слои, а корень шва проволокой сплошного сечения.

Для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом в зауженную разделку применим сварочную проволоку отечественного производства. Приведем сводную таблицу материалов и их стоимости (таблица). Цены взяты по состоянию на 2015г., на сайтах компаний производителей.

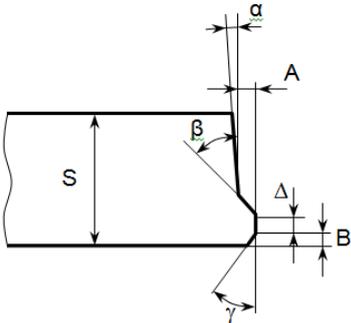
Таблица 8.1 – Сварочные материалы

Сварочные материалы	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	Цена, руб/кг (руб/л)
Сварочная проволока	Super Arc L-56 1,14 The Lincoln Electric Company (США); Pipeliner Autoweld G70M, 1,32	ЕКАТЕРИНА 100S-G Ø1,0мм	280
			125
			475
Защитный газ	80 % Ar, 20 % CO ₂	80 % Ar, 20 % CO ₂	0,1
			0,033

Расчет режимов проводим для сварки стыка. Соединение стыковое с щелевой разделкой кромок как показано в таблице 15.

Так как сварка производится в щелевую разделку, выбираем диаметр электрода 1,0мм.

Таблица 8.2 – Типы, конструктивные элементы и размеры сварного соединения. [5]

Тр-12		$(5^\circ \pm 1^\circ) \leq \alpha \leq (10^\circ \pm 1^\circ)$ $(45^\circ \pm 1^\circ) \leq \beta \leq (52^\circ \pm 1^\circ)$ $\gamma = 37,5^\circ \pm 1,0^\circ$ $(2,3 \pm 0,2) \leq A \leq (3,6 \pm 0,2)$ мм $(1,0 \pm 0,2) \leq B \leq (1,8 \pm 0,2)$ мм $(1,0 \pm 0,2) \leq \Delta \leq (1,8 \pm 0,2)$ мм
-------	---	---

8.3 Режимы сварки

Режимы для автоматической сварки сварочной проволокой корня шва а для заполняющих слоев порошковой проволоки взяты из таблицы 10.22 и 10.23[5]. Основные режимы сварки приведены в таблицах

Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Режимы сварки			
		$I_{св}, \text{А}$	$U_0, \text{В}$	$V_{св}, \text{м/ч}$	$\alpha_n, \text{г} / \text{А} \cdot \text{ч}$
ГОСТ 16037-80-С24	24	110	25,5	7,2	12
ГОСТ 16037-80-С24	30	230	26,0	21,6	14
ГОСТ 16037-80-С24	30	230	26,0	21,6	14

8.3.1 Выбор источника питания

Источники питания сварочной дуги должны отвечать следующим условиям:

- обеспечивать для данного технологического процесса силу тока и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнить условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечивать нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

Для автоматической сварки корня шва выбираем сварочный выпрямитель из п.5 табл.5.1 .

Основные технические характеристики выпрямителя представим таблице 8.3

Технические характеристики Idealarc DC400 Lincoln Electric в табл.8.3

Частота сети питания	50/60 Герц
Выходные характеристики:	(Постоянный ток)
Сварочный ток, А	500 450 400
Напряжение, В	40 38 36
ПВ, %	50 60 100
Диапазон выходных характеристик:	60А/12В-жесткая (22В-крутопадающая)
Минимальные	500А/42В-жесткая, крутопадающая
Максимальные	
Максимальное напряжение холостого хода, В	54-крутопадающая (45,5-жесткая CVI)
Сеть питания :	220/440
Стандартные напряжения, В	220/380/400
На режиме CVI:	230/400
Номинальный ток сети питания	47А (380В/50Гц) при 400А/34В
Потребляемая мощность, Киловольт-ампер	30,9(50Гц) при 400А/34В
Коэффициент мощности	0,61(50Гц) при 400А/34В
КПД	72% (50Гц) при 400А/34В
Ток в сети питания на холостом ходу	7,2А(380В/50Гц)
Потребляемая на холостом ходу мощность	1КВатт
Вес	215 кг
Соответствие стандартам	IEC 974-1, Рейтинг «S» (только модели на 230/400В) NEMA EW 1 (все остальные IP23)

8.4 Нормирование процесса сварки

В данном разделе производится экономическая оценка двух сравниваемых способов сварки (ручной дуговой сварки и сварки модулированным током в щелевую разделку на обратной полярности) при сборки и сварки участка газопровода.

Определение норм времени автоматической сварки в зауженную разделку [42] и автоматической сварки в заводскую разделку.

Таблица 8.4 – Основное время для ручной дуговой сварки и сварки модулированным током в щелевую разделку на обратной полярности

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	290,27	172	118,72
γ – плотность наплаваемого металла, г/см ³	7,8	7,8	–
$I_{\bar{n}a}$ – сварочный ток, А	105	105	–
α_i – коэффициент наплавки, г/А·ч	9,5	9,5	–
Расчетная формула $t_0 = \frac{F_i \cdot \gamma \cdot 60}{I_{\bar{n}a} \cdot \alpha_i}$	$t_0 = \frac{290,27 \cdot 7,8 \cdot 60}{105 \cdot 9,5} = 136$	$t_0 = \frac{172 \cdot 7,8 \cdot 60}{105 \cdot 9,5} = 80,7$	55,3

Определение основного время на сварку показало, что для автоматической сварка в зауженную разделку основное время меньше чем при обычной автоматической сварки в заводскую разделку.

Необходимые данные для расчета значений времени $t_{в.ш}$, $t_{в.из}$ а также коэффициента $k_{об}$ для сварки модулированным током и ручной дуговой получены из [43].

Таблица 8.5 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы		Изменение мин/пог.м
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
Очистка перед сваркой свариваемых кромок от налета, ржавчины и осмотр, мин	0,4	0,4	–
Установка и смена электродов, мин	0,39	0,39	–
Осмотр и промер шва	0,3	0,3	–
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,4	0,2	0,2
Всего	1,49	1,29	0,2

Таблица 8.6 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку
Время на установку	7,4	3,4
Снятие и транспортировка	6,4	6,4
Перемещение сварщика	0,2	0,6
Всего	14,21	11,21

Таблица 8.7 – Определение подготовительно-заключительного времени

$t_{п.з}$

Элементы работы	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	Разница
Получение производственного задания, указаний и инструктажа от мастера и его сдача, мин	6	6	–
Ознакомление с работой, мин	6	6	–
Установка, настройка и проверка режимов, мин	6,8	6,8	–
Подготовка рабочего места к работе, мин	5	5	–
Сдача работы, мин	3	3	–
Итого	26,8	26,8	0

Так как технологический процесс автоматической сварки в заводскую разделку и автоматической сварки в зауженную разделку одинаковый то разница в вспомогательном времени, зависящего от сварного шва небольшая, а вспомогательном времени, связанного со свариваемым изделием и типом сварочного оборудования и подготовительно - заключительного времени связанного с наладкой и переналадкой оборудования одинаковое.

Таблица 8.8 – Размер партии

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	12	12	–
$T_{шт}$ – штучное время	690,2	417,9	272,3
Расчетная формула $n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}$	$n = \frac{12 \cdot 60}{690,2} \approx 1$ шт	$n = \frac{12 \cdot 60}{417,9} \approx 2$ шт	1

Изменение произошло из-за штучного времени.

Таблица 8.9 – Определим штучное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение <u>мин</u> изделие
	Автоматическая сварка в заводскую раз-делку	Автоматическая сварка в зауженную раз-делку	
t_o – основное время на сварку, мин/м	136	80,7	55,3
$t_{ви}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,49	1,29	0,2
l – длина шва $l = \pi \cdot d$	4,46	4,46	–
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	14,21	–
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,1	–
Расчетная формула $T_{шт} = [(t_o + t_{ви}) \cdot l + t_{виз}] K_{об}$	$T_{шт} = [(136+1,49) \cdot 4,46+14,21] \cdot 1,1 = 690,2$	$T_{шт} = [(80,7+1,29) \cdot 4,46+14,21] \cdot 1,1 = 417,9$	272,3

Изменение произошло из-за основного времени на сварку и вспомогательного времени, связанного со свариваемым швом.

Таблица 8.10 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение <u>МИН</u> изделие
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
$T_{шт}$ – штучное время	690,2	417,9	272,3
$t_{нз}$ – подготовительно – заключительное время	26,8	26,8	–
n – размер партии	1	2	1
Расчетная формула $T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{нз}}{n}$	$T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{нз}}{n}$ $690,2 + \frac{26,8}{1} = 717$	$T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{нз}}{n}$ $417,9 + \frac{26,8}{2} = 431,3$	285,7

Изменение произошло из-за штучного времени и размера партии.

Таблица 8.11 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение кг
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
F_n – площадь наплавленного металла, мм ²	290,27	172	118,27
L – длина шва	4,46	4,46	–
γ – плотность наплаваемого металла, г/см ³	7,8	7,8	–
Расчетная формула $G = F \cdot L \cdot \gamma$	$G = F \cdot L \cdot \gamma =$ $= 290,27 \cdot 4,46 \cdot 7,8 =$ $= 101 \text{ кг}$	$G = F \cdot L \cdot \gamma =$ $= 172 \cdot 4,46 \cdot 7,8 =$ $= 60 \text{ кг}$	41

8.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта. Очевидно при сравнении двух видов технологий сварки нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала.

Таблица 8.12 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
g_{nm} – масса наплавленного металла, кг/изд	101	60	41
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,6	–
$\Pi_{см}$ – цена электродов	55	55	–

Расчетная формула $C_{см} = g_{нм} \cdot k_n \cdot Ц_{см}$	$C_{см} = 101 \cdot 1,6 \cdot 55 =$ $= 8888$	$C_{см} = 60 \cdot 1,6 \cdot 55 =$ $= 5280$	3608
---	---	--	------

Изменение затрат произошло из-за массы наплавленного металла.

Таблица 8.13 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в заузенную разделку	
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000	–
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 170$ часов/месяц	360	360	–
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	717	431,3	285,7
Расчетная формула $C_з = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}$	$C_з = \frac{40000 \cdot 717}{360 \cdot 60} =$ $= 1327,7$	$C_з = \frac{40000 \cdot 431,3}{360 \cdot 60} =$ $= 798,7$	529

Изменение затрат произошло из-за штучно–калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 8.14 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в заузенную разделку	
1	2	3	4

$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	26%	26%	–
---	-----	-----	---

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4
C_3 – затраты на заработанную плату рабочих	1327,7	798,7	529
Расчетная формула $C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}$	$C_{отч} = \frac{26 \cdot 1327,7}{100} = 345,2$	$C_{отч} = \frac{26 \cdot 798,7}{100} = 207,6$	137,6

Изменение произошло из-за затрат на заработанную плату рабочих.

Таблица 8.15 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб/изд
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
U – напряжение, В	24	24	–
I – сила тока, А	105	105	–
t_i – основное время сварки, мин/м	136	80,7	55,3
l – длина сварного шва, м/изд	4,46	4,46	–
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,75	0,75	–
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	0,89	0,89	–
Расчетная формула $C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}$	$C_{эм} = \frac{24 \cdot 105 \cdot 136 \cdot 4,46}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 0,89 = 30,2$ руб/изд	$C_{эм} = \frac{24 \cdot 105 \cdot 80,7 \cdot 4,46}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 0,89 = 20,2$ руб/изд	10

Изменение затрат произошло из-за основного время сварки.

Таблица 8.16 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы		Изменение затрат руб\изд
	Автоматическая сварка в заводскую разделку	Автоматическая сварка в зауженную разделку	
C_j – цена оборудования соответствующего вида	30100	41709	11609
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25	–
$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	717	431,3	285,7
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000	–
k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8	–
Расчетная формула $C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}$	$C_p = \frac{30100 \cdot 0,25 \cdot 717}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 56,2$	$C_p = \frac{41709 \cdot 0,25 \cdot 431,3}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 46,8$	–9,4

Изменение затрат произошло из-за количества видов оборудования, используемого для выполнения операций технологического процесса сварки (автоматическая сварка в заводскую разделку и автоматическая сварка в за-

уженную разделку), цены оборудования соответствующего вида и штучно – калькуляционного времени на выполнение операции.

Таблица 8.17 – Результаты расчетов

Наименование	Автоматическая сварка в заводскую разделку (1)	Автоматическая сварка в зауженную разделку (2)	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	8888	5280	3608
2. Основная зарплата	1327,7	798,7	529
3. Социальные цели	345,2	207,6	137,6
4. Электроэнергия	30,2	20,2	10
5. Ремонт	56,2	46,8	9,4
Итого	10647,3	6353,3	4294

Годовой объем производимой продукции может быть принят равным годовой производительности оборудования по лучшему варианту сварки [6]:

$$Q_{\Gamma} = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{ШК_{\text{пр}}}}, \quad (20)$$

где $t_{ШК_{\text{пр}}}$ – норма времени на сварку по лучшему процессу сварки, мин/изд.

$$Q_{\Gamma} = \frac{2000 \cdot 0,8 \cdot 60}{717} = 134 \text{ ед/руб.}$$

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу наплавленного металла. Приняв в

качестве условного изделия сварную конструкцию, рассматриваемую в дипломной работе, можно получить годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла:

$$M_{\Gamma} = Q_{\Gamma} \cdot \frac{F_n \cdot l \cdot \gamma}{1000}, \quad (21)$$

где F_n – площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

l – длина сварного соединения, м;

γ – плотность металла, г/см³.

$$M_{\Gamma} = 134 \cdot \frac{172 \cdot 4,46 \cdot 7,8}{1000} = 801,8 \text{ кг/год},$$

Годовой экономический эффект от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = M_{\Gamma} \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}, \quad (10)$$

где выражение $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$ представляет собой удельную экономию на 1 кг

наплавленного металла ($\overline{\Delta C_{\text{н}}}$).

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = 801,8 \cdot \frac{4294 \cdot 1000}{172 \cdot 4,46 \cdot 7,8} = 575400,4 \text{ руб/год}.$$

Итак, более выгоден второй вариант, то есть автоматическая сварка в зауженную разделку. Этот вариант нам обходится дешевле на 4294 руб/изд и годовой экономический эффект от применения лучшего варианта составляет 575400,4 руб/год.

8.4 Экономическая оценка эффективности инвестиций

В процессе производства сварной конструкции возникает потребность в инвестициях (приобретения соответствующего оборудования).

Худший из вариантов имеется, а другой вариант будет внедряться (он раньше отсутствовал).

Исходим из того, что автоматическая сварка в заводскую разделку, а предлагается автоматическая сварка в зауженную разделку.

Необходимо оценить экономическую выгоду данного предложения с учётом полученных инвестиций. Когда возникает вторая ситуация, то появляется необходимость в инвестициях. Экономическая эффективность предлагаемых решений будет сводиться к экономической оценке инвестиций. В соответствии с основами стандарта экономической оценки инвестиций, оценка инвестиций осуществляется путем расчета четырех показателей:

- NPV – чисто текущая стоимость;
- PP – срок окупаемости;
- IRR – внутренняя ставка доходности;
- PI – индекс доходности.

Данный показатель характеризует эффективность инвестиции в абсолютном выражении. Он показывает насколько прирастут доходы предприятия в результате замены существующего процесса на предлагаемый.

Оценку инвестиций в новый процесс следует признать оправданной, если $NPV > 0$

Количественно показатель NPV может быть установлен по формуле:

$$NPV = \frac{\sum_{t=1}^n (\Delta\Pi_{ч_t} + \Delta C_{a_t})}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^t} - I_0, \quad (11)$$

где n – продолжительность расчетного периода, в течение которого предприятие может воспользоваться результатами функционирования предла-

гаемого (нового) процесса (в дипломной работе величину n можно принять 5 годам);

$\Delta\Pi_{ч_t}$ – изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, руб/год;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

I_0 – инвестиции, осуществляемые в начальный момент ($t = 0$);

i – ставка дисконтирования, учитывающая плату за привлечение финансовых ресурсов (в дипломной работе в качестве источника финансирования можно предусмотреть собственные средства предприятия, для которых ставка дисконтирования равна примерно 10%).

Изменение чистой прибыли, получаемой в t -м году, определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{ч_t} = \left(\overline{\Delta C_t} \cdot Q_{Г_t} - \Delta C_{a_t} \right) \cdot (1 - Н_{пр}), \quad (12)$$

где $\overline{\Delta C_t}$ – изменение текущих расходов в t -м году, руб/год;

$Q_{Г_t}$ – годовой объем производства продукции, в t -м году;

ΔC_{a_t} – изменение амортизационных отчислений в t -м году, руб/год;

$Н_{пр}$ – ставка налога на прибыль ($Н_{пр} = 24\%$).

Изменение амортизационных отчислений в t -м году представляет собой разность затрат на амортизацию основных средств, занятых по существующему и предлагаемому варианту в соответствующем году

$$\Delta C_{a_t} = C'_{a_t} - C''_{a_t}, \quad (13)$$

где C'_{a_t} и C''_{a_t} – затраты на амортизацию соответственно по существующему и предлагаемому процессами, руб/год.

Поскольку для сварочного оборудования срок полезного использования устанавливается в интервале 5–7 лет, то можно предположить, что по суще-

ствующему процессу основные средства себя полностью амортизировали, т.е.

$$C'_a = 0.$$

Затраты на амортизацию оборудования

$$C_a = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{T_{\text{ПИ}}} \quad (14)$$

где C_j – цена оборудования соответствующего вида;

$T_{\text{ПИ}}$ – срок полезного использования оборудования (для сварочного оборудования $T_{\text{ПИ}} = 5 - 7$ лет)

$$C_a = 41709/6 = 6951,5 \text{ руб/год.}$$

Расчет чистой текущей стоимости представим в виде таблицы 8.18.

Таблица 8.18 – Расчет чистой текущей стоимости

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
Коэффициент загрузки, k_c	0	0,5	0,75	1,0	1,0	1,0
Годовой объем производства Q_A , ед/год	0	139,1	208,1	278,2	278,2	278,2
Удельная экономия на текущих издержках ΔC_t , руб./ед	0	4294	4294	4294	4294	4294
Годовая экономия на текущих издержках, руб/год	0	597295	893581	1194590	1194590	1194590
Амортизация ΔC_a , руб./год	0	6951	6951	6951	6951	6951
Изменение годовой прибыли (С4-С5), руб/год	0	590343	886629	1187639	1187639	1187639
Налог на прибыль (24% от С6), руб./год	0	141682	212791	285033	285033	285033
Изменение чистой прибыли, руб./год (С6 – С7)	0	448661	673838	902605	902605	902605
Чистый денежный	0	455612	680838	909557	909557	909557

поток от операционной деятельности, руб/год						
Инвестиции, руб.	-41709					
Коэффициент дисконтирования, при $i = 10\%$	1,0	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Дисконтированный денежный поток (C9 и C10)C11	-41709	414152	562332	683077	621227	564835
Накопленный дисконтированный денежный поток	-41709	372443	934775	1617853	2239081	2803916

$$NPV = \left[\frac{455612}{(1+0,1)^1} + \frac{680838}{(1+0,1)^2} + \frac{909557}{(1+0,1)^3} + \frac{909557}{(1+0,1)^4} + \frac{909557}{(1+0,1)^5} \right] - 41709 = 2803916 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости осуществляем по формуле:

$$n_{ок} = n + (D_n / D_{n+1}), \quad (15)$$

где n – расчетное значение срока окупаемости;

D_n – непокрытая часть накопленного денежного потока в момент года n ;

D_{n+1} – денежный поток в году $n+1$, направленный на возмещение непокрытой части данного потока.

$$n_{ок} = (41709 / 414152,1) = 0,12 \text{ года.}$$

Расчет индекса доходности проведем по формуле:

$$PI = 1 + (NPV / I_0) = (2803916,3 / 41709) + 1 = 68$$

Формально проект признается эффективным если $PI > 1,0$.

Построим график окупаемости.

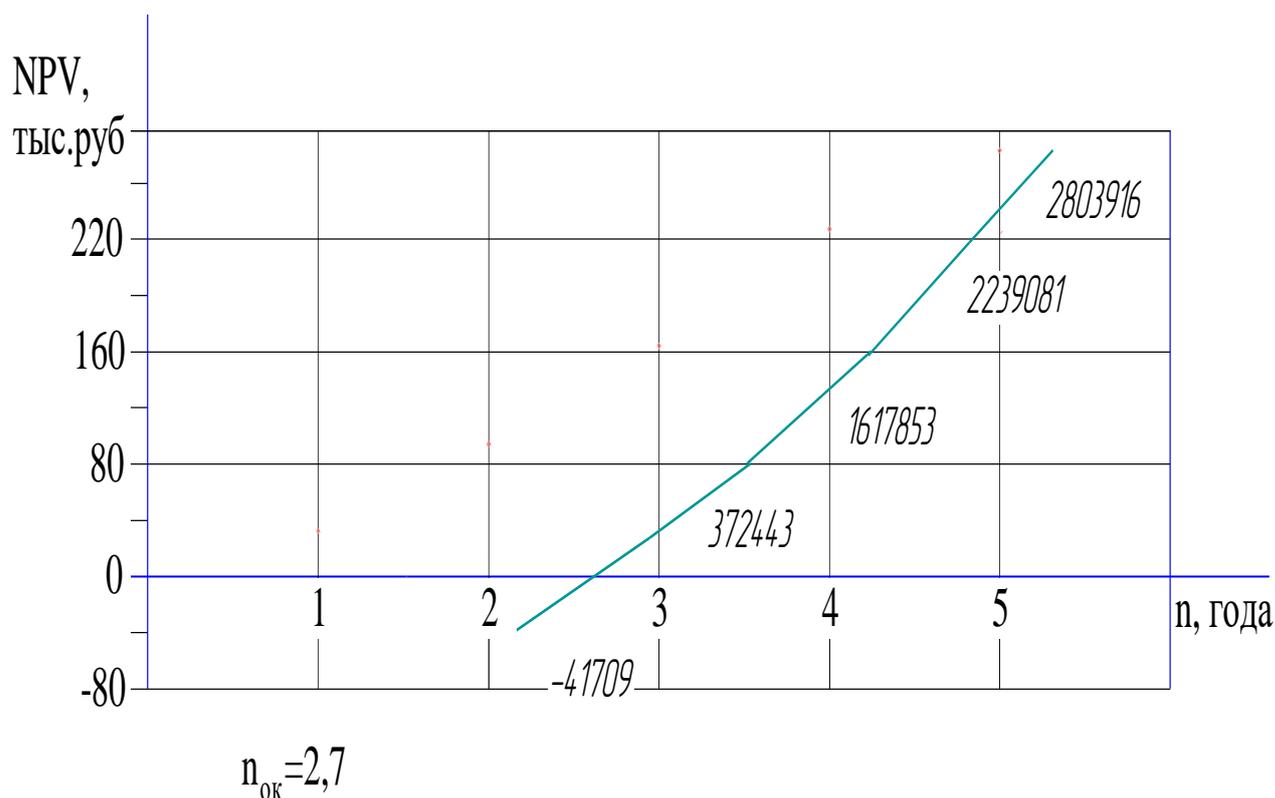


Рисунок 30 – График срока окупаемости инвестиционных затрат

8.4.1 Расчёт внутренней нормы доходности (IRR)

Данный показатель имеет богатое экономическое содержание. Во-первых, по тому насколько IRR превышает ставку дисконтирования можно судить о степени эффективности инвестиции. Во-вторых, по разности данных показателей ($IRR - i$) можно судить о запасе финансовой прочности и риска проекта. Чем больше эта разность, тем устойчивее проект к неблагоприятным изменениям различных важнейших параметров проекта. В-третьих, внутренняя норма доходности показывает предельную плату за привлечение финансовых ресурсов, при превышении которой инвестиционный проект становится не эффективным.

Количественно данный показатель может быть установлен графическим путём. Для этого необходимо построить график зависимости $NPV = f(i)$. Для построения графика необходимо получить NPV для нескольких (как минимум

для трёх) значений ставок дисконтирования, чтобы построить кривую. Точка пересечения кривой с осью абсцисс позволит установить внутреннюю норму доходности IRR.

Для построения графика необходимо определить NPV для нескольких значений ставок дисконтирования табличным путём. Причём для одного значения ставки ($i=1,0$) показатель NPV мы уже установили. Он равен 41709 рубля. Тогда необходимо рассчитать NPV как минимум ещё для двух значений.

Например для 15 % и 20 %, или же для 0 и 15%. Расчётные значения NPV приведены в таблице 34.

Таблица 8.19 – Расчёт NPV

Наименование показателей	Расчетный период, годы					
	0	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
Чистый денежный поток (при $i = 0$)	-41709	455612	680838	909557	909557	909557
Накопленный денежный поток (при $i = 0$)	-41709	413903	1094742	2004300	2913857	3823414
Коэффициент дисконтирования при 15%	1,0	0,869	0,756	0,657	0,572	0,497

Продолжение таблицы 8.19

1	2	3	4	5	6	7
Дисконтированный денежный поток	-41709	395927	514714	597579	520266	452050
Накопленный денежный поток (при $i = 15\%$)	-41709	354218	868932	1466511	1986778	2438828
Коэффициент дисконтирования при $i = 100\%$	1,0	0,5	0,25	0,125	0,062	0,031
Дисконтированный денежный поток	-41709	227806	170209	113694	56392	28196

Накопленный денежный поток (при $i = 100\%$)	-41709	186097	356307	470001	526394	554590
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Таблица 8.20 – Показатель NPV в зависимости от ставки дисконтирования i

Ставка дисконтирования $i, \%$	0	10	15	100
Чистая текущая стоимость ,руб, NPV	3823414	2803916	2438828	554590

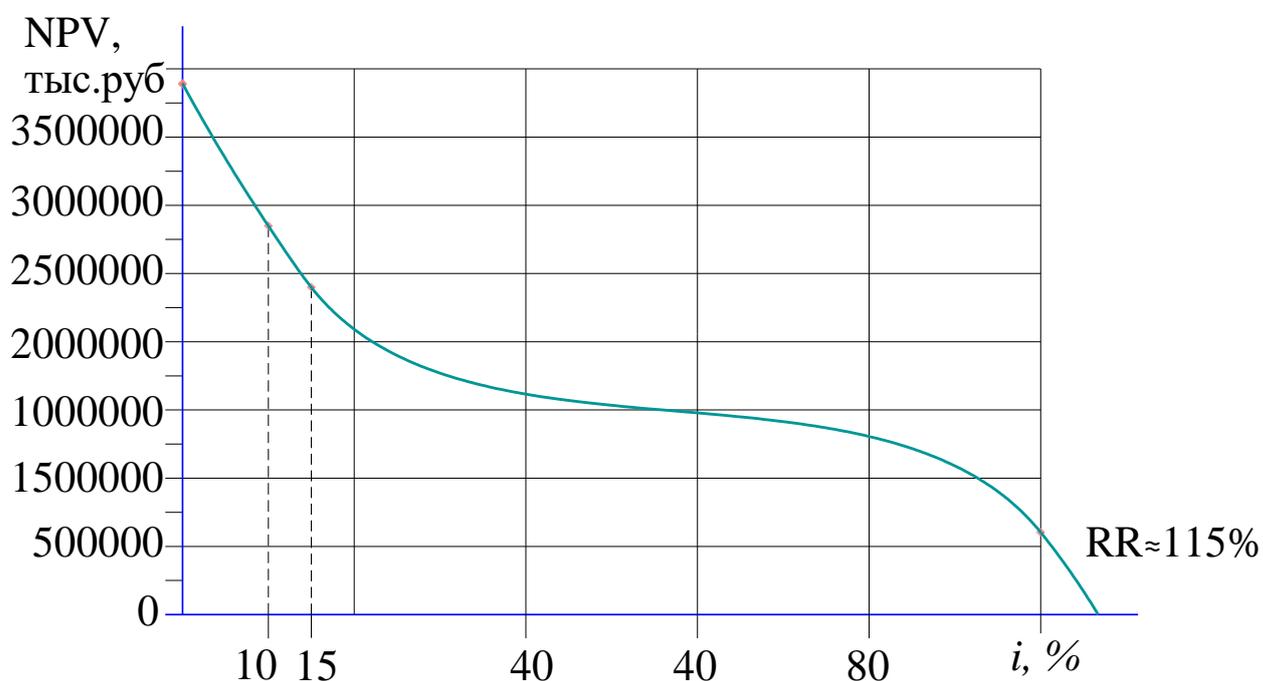


Рисунок 31 – График зависимости $NPV=f(i)$

Проведен технико-экономический анализ процесса сборки и сварки участка газопровода автоматической сварки в зауженную разделку.

По затратам на сварку изделия (первая ситуация) выгодна автоматическая сварка в зауженную разделку. Она нам обходится дешевле на 4294 руб./ст.

Учитывая условия второй ситуации (когда худший вариант имеет место, а второй будет внедряться) внедрять в производство РД модулированным током тоже выгодно. Так как срок окупаемости при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PP = 0,12$ года. Чисто текущая стоимость $NPV > 0$, что говорит о том, что

доходности при внедрении этого проекта в рассматриваемый период (5 лет) очень высокая. С точки зрения внутренней ставки доходности IRR проект оправдан. Индекс доходности при ставке дисконтирования $i = 10\%$, $PI = 68$, а проект считается эффективным, если $PI > 1,0$.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение автоматическая сварки в зауженную разделку очень выгодно.

9. Социальная ответственность

«Социальная ответственность организации»- это производство продукции и оказание услуг надлежащего качества, удовлетворение интересов потребителей, соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности и охране окружающей среды, ресурсосбережению, участие в социальных мероприятиях и поддержке инициатив местного сообщества, добросовестное ведение бизнеса.

Автоматическая сварка неповоротных стыков труб марки 10Г2ФБЮ $\varnothing 1220 \times 19.5$ мм. Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При строительстве линейной части трубопровода могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека. Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу) Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера.

В данном дипломном проекте была разработана технология орбитальной автоматической сварки линейной части трубопровода.

В этом разделе приводится анализ технологического процесса сварки с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов,

а также воздействия их на работающих. Разработаны мероприятия по технике безопасности (ТБ) и производственной санитарии, направленные на снижение или устранение опасных факторов. Также произведен расчет защитного заземления. Разработаны мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

9.1 Производственная безопасность.

Мощное ультразвуковое или световое излучение сварочной дуги при воздействии на глаза работающего может привести к воспалительному заболеванию глазного яблока (электроофтальмия), при длительном воздействии - к поражению клетчатки глаз (конъюнктивит). Инфракрасные коротковолновые лучи могут вызвать хроническое заболевание - помутнение хрусталика глаза (катаракта). Вредные воздействия лучей сварочной дуги на органы зрения сказываются в радиусе до 10 метров.

Кожу защищают обычной рабочей одеждой, лицо и часть шеи - щитком или шлемом. Глаза защищаются специальными темными стеклами - светофильтрами, которые вставляют в щиток или шлем. Эти стекла совсем не пропускают ультрафиолетовые лучи, а инфракрасные пропускают в пределах от 0.1 до 4%, что не оказывает вредного влияния на зрение сварщика.

При заболевании глаз от световой радиации, необходимо немедленно обратиться к врачу, а при невозможности получения быстрой медицинской помощи следует делать примочку глаз слабым раствором питьевой соды.

Помимо ожогов лучами электрической дуги, сварщику могут быть причинены ожоги брызгами расплавленного металла. Чтобы избежать ожогов, необходимо надевать рабочую одежду из плотной брезентовой материи. Одежда не должна иметь складок. Брюки надо носить только на выпуск, так, чтобы они закрывали ботинки. Чтобы предотвратить прожигание спецодежды брызгами расплавленного металла, ткань пропитывается специальными составами, повышающими ее огнестойкость.

При выполнении сварочных работ в результате сгорания сварочной проволоки в среде защитных газов и элементов легирования, повышается загазованность рабочего места для предотвращения этого необходимо устанавливать устройства вытяжной вентиляции в зоне дыхания сварщика. Выбрасывать воздух нужно за пределы рабочих зон. Для удаления газов и пыли применяется как местная вентиляция рабочего места, так и приточно-вытяжная вентиляция всего помещения. Приточный воздух должен поступать рассеяно в рабочую зону помещений, в основном на не сварочные участки, а также там, где вытяжная вентиляция осуществляется посредством местных отсосов. Скорость движения воздуха, на рабочих местах должна быть не более 0.3 м/с [44].

Для обезжиривания металла и сварочных материалов от масляных загрязнений не следует применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, так как при соединении их с азотом, присутствующим в атмосфере при дуговой сварке, может образовываться удушливый газ (фосген).

9.1.1 Шумы и вибрация

Для строительства линейной части трубопровода применяются передвижные дизельно-генераторные установки, экскаваторы, трубоукладчики, сварочные автоматы, источники питания. Все это оборудование создает повышенный уровень шума.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Нормируемыми параметрами шума являются уровни в децибелах среднеквадратичных звуковых давлений, измеряемых по линейной характеристике шумомера в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 2000, 4000 и 8000 Гц [29].

Для промышленных и энергетических предприятий с максимальным линейным размером в плане до 300 м включительно - эквивалентные уровни звуковой мощности $L_{wэkv}$ и максимальные уровни звуковой мощности $L_{wмакс}$ в восьмиоктавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63 - 8000 Гц и фактор направленности излучения в направлении расчетной точки Φ ($\Phi = 1$, если фактор направленности не известен). Допускается представлять шумовые характеристики в виде эквивалентных скорректированных уровней звуковой мощности $L_{wAэkv}$, дБА, и максимальных скорректированных уровней звуковой мощности $L_{wAмакс}$, дБа.

Допускается использовать эквивалентные уровни звука $L_{Aэkv}$, дБА, и максимальные уровни звука $L_{Aмакс}$, дБА. Шум считают в пределах нормы, когда он как по эквивалентному, так и по максимальному уровню не превышает установленные нормативные значения см.табл.9.1

Табл.9.1

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука $L_{Aэkv}$), дБА	Максимальный уровень звука $L_{Aмакс}$, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1 Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ		93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	70
2 Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по		96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	75

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$), дБА	Максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
телефону, участки точной сборки, телефонные и телеграфные станции, залы обработки информации на ЭВМ												
3 Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону		103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	90
4 Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами (за исключением работ, перечисленных в поз. 1 - 3)		107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95

Борьбу с вибрациями желательно проводить в источнике их возникновения при конструировании и изготовлении машин и оборудования. Снижение уровня вибраций может быть достигнуто виброгашением, которое чаще реализуется путем установки вибрирующих агрегатов на самостоятельные виброгасящие основания (фундамент). Также используется динамическое гашение колебаний, вибродемпфирование и изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций [29].

При вибрациях возбуждаемых работой оборудования, которые в производственных помещениях передаются на рабочие места, нормируемыми параметрами являются среднеквадратичные величины колебательной скорости в активных полосах частот или амплитуды перемещений, не должно превышать <75 дБА.

9.1.2 Освещение

Автоматическая сварка неповоротных стыков труб марки 10Г2ФБЮ Ø 1220x19.5мм.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При строительстве линейной части трубопровода могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение, создаваемое светом неба.

В вечернее или ночное время, а также при недостаточности естественного освещения в дневное время применяют искусственное освещение, создаваемое электрическими лампами. Для сборочно-сварочных цехов можно применять общее или комбинированное (общее и местное) освещение. Общее освещение может быть равномерным или локализованным.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении (по СНиП 23-05-95)

Характере-	о б щ е	Разряд	Т и т е	Контраст	Характере-	Искусственное освещение
------------	---------	--------	---------	----------	------------	-------------------------

характеристика зрительной работы		зрительной работы		объекта с фоном	характеристика фона	Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		при системе общего освещения
						всего	в том числе от общего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Тёмный	5000 4500	500 500	— —
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	4000 3500	400 400	1250 1000
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2500 2000	300 200	750 600
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	1500 1250	200 200	400 300
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Тёмный	4000 3500	400 400	- -
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	3000 2500	300 300	750 600
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2000 1500	200 200	500 400
			г	Средний Большой «	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200
Высокой точности	Св. 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Тёмный	2000 1500	200 200	500 400
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	750 600	200 200	300 200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	400	200	200

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности) [25].

Аварийное освещение для эвакуации людей устраивается в местах, опасных для прохода, на лестничных клетках и в производственных помещениях с числом работающих более 50. Оно должно обеспечивать освещение на полу не менее 2 лк.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатели ослепленности не должны превышать 20 - 80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной

работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10 - 20 % в зависимости от характера зрительной работы, [25].

Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделке интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

9.1.3 Воздушная среда и вентиляция

Автоматическая сварка неповоротных стыков труб марки 10Г2ФБЮ Ø 1220x19.5мм.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При строительстве линейной части трубопровода могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производственной работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 9.2 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [24].

Таблица 9.2 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
----------	------------------------	-----------------	----------------------

Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	од	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должна превышать величин, указанных в таблице 9.2.

В сварочных цехах на стационарных рабочих постах, а также, где это возможно, на нестационарных постах следует устанавливать местные отсосы.

Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ, должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 9.3, [24].

Таблица 9.3 – Скорость движения воздуха, создаваемая местными отсосами у источников выделения вредных веществ

Процесс	V, м/с
Сварка ручная	>0,5
Сварка в инертных газах	<0,3

Количество вредных веществ, локализуемых местными отсосами, составляет для вытяжных шкафов не более 90%, а для местных отсосов других видов не более 75%. Оставшиеся количество вредных веществ (10-20%) должно разбавляться до ПДК с помощью общеобменной вентиляции [24].

9.1.4 Электробезопасность

Автоматическая сварка неповоротных стыков труб марки 10Г2ФБЮ Ø 1220x19.5мм.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При строительстве линейной части трубопровода

могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.

При строительстве и проведении сварочно-монтажных работ используется электроприборы с напряжением потребления от 220В до 380В. Поэтому к электрооборудованию предъявляются требования по безопасности при работе с электроинструментом степенью защиты не ниже IP21.

Основными причинами электрических травм - является контакт человека с электрической цепью в местах поврежденной изоляцией электроприбора или косвенного контакта, в следствии чего создается опасность поражения электрическим током, степень тяжести которого зависит в основном от величины напряжения и условий включения человека в электрическую цепь [27].

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо следовать следующим правилам техники безопасности:

- необходимо надежно заземлять корпуса импульсных модуляторов (приставок), ИП и установок, а также свариваемое изделие;
- запрещено касаться голыми руками (без диэлектрических перчаток) токонесущих частей сварочных установок, а также проводов без изоляции или с поврежденной изоляцией;
- перед началом работ необходимо проверять исправность изоляции сварочных проводов, сварочного инструмента и оборудования, а также надежность всех контактных соединений сварочной цепи;
- при длительных перерывах сварочного процесса источник сварочного тока и модулятор следует отключать;
- при прокладке сварочных проводов и при каждом их перемещении не допускать: повреждения изоляции, соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными канатами, рукавами (шлангами) и трубопроводами с горючими газами и кислородом, а также с горячими трубопроводами;
- необходимо надежно заземлять металлический корпус модулятора, конструкция которого должна обеспечивать автоматическое выключение тока при открывании его дверцы;

– нельзя ремонтировать сварочное оборудование и установки, находящиеся под напряжением;

– сварщик не должен самостоятельно подключать источник питания сварочной дуги к силовой сети, или производить в ней ремонт, связанный с работой источника питания. Все эти работы выполняют только электрики цехов.

Все электрооборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ). Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и безопасному обслуживанию электро-сварочных установок, [25]. Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

В случае поражения сварщика электрическим током необходимо срочно отключить ток ближайшим выключателем или отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя сухие подручные материалы (шест, доску и др.). После этого положить его на теплую подстилку и по возможности согреть. Немедленно вызвать медицинскую помощь, учитывая, что промедление свыше 5–6 минут может привести к непоправимым последствиям. При бессознательном состоянии пострадавшего следует освободить от стесняющей одежды и немедленно приступить к искусственному дыханию, также необходимо находиться рядом с пострадавшим до прибытия врача.

Исходя из технологических возможностей модулятора необходим расчёт защитного заземления.

9.2.1.1 Расчет защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали.

Заземляющий проводник одним концом присоединяется к корпусу оборудования, а другим концом к заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено по-

средством сварки. В качестве материала для выполнения заземлений применяют сталь.

В данном подразделе проведен расчет защитного заземления для оборудования, которое работает под напряжением 380В. Для заземления используем трубы диаметром 50 мм с толщиной стенки равной 3,5 мм и длиной 2,7 метра, и полосовую сталь сечением 48x4 мм. Заземлители разместим в ряд. Характер грунта в месте установления заземлителей - суглинок. Защитное заземление рассчитываем по методике изложенной в [24].

В соответствии с рекомендацией, чтобы уменьшить колебания удельного сопротивления грунта, трубчатые заземлители устанавливаем в земле на глубину (от поверхности земли до верхнего конца трубы) равную 70-80 см, а величину расстояния между трубами принимаем равной трем длинам заземлителя ($a = 8,1$ м) верхние концы заземлителя соединены с помощью полосовой стали. Схема установки приведена на рисунке 9.4 [24].

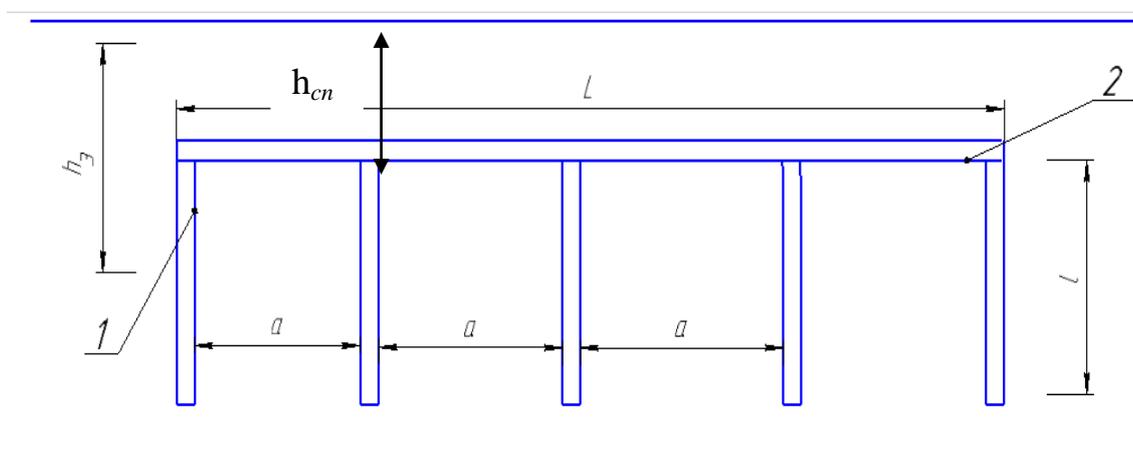


Рисунок 9.4 – Схема защитного заземления

1 – трубчатый заземлитель;

2 – заземляющая магистраль;

$h_{сн}=80$ мм; $h_з= 2,5$ м; $d = 0,050$ м; $l = 2,7$ м; $a = 8,1$ м

По нормам для нашего случая допускаемое сопротивление заземлителей не более 4 Ом, а удельное сопротивление грунта (суглинок) составляет $\rho_T= 10^4$ Ом*м [24].

Учитывая возможное промерзания грунта зимой и просыхания летом, определим расчетные значения удельного сопротивления грунта для полосы ρ_T и ρ_{τ} , которые определяются по формулам [24]:

$$\rho_{\rho} = \rho_T \cdot K_{\rho}, \quad (28)$$

$$\rho_{\tau} = \rho_T \cdot K_{\tau}, \quad (29)$$

где K_{ρ}, K_{τ} – коэффициенты для соответствующей климатической зоны, значения которых определяем согласно [50, табл. 5];

Для города Томска $K_{\rho} = 1,9, K_{\tau} = 4,5$

Таким образом подставляя эти значения в формулы, мы получим:

$$\rho_{\rho} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см};,$$

$$\rho_{\tau} = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}.,$$

Определяем величину сопротивления растеканию тока от одной забитой в землю трубы по формуле, [24]:

$$R_{\rho} = \frac{\rho_{\rho}}{2 \cdot \pi \cdot l_M} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_M}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + l_M}{4 \cdot h_m - l_M} \right), \quad (30)$$

где l_M – длина электрода, $l_M = 350$ см;

d – диаметр электрода, $d = 10$ см;

h_m – глубина заложения, $h_m = 250$ м ;

$$R_{\rho} = \frac{1,9 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 350} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 350}{10} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 250 + 350}{4 \cdot 250 - 350} \right) = 39,8 \text{ Ом}.$$

Определяем необходимое число заземлений по формуле, [47]:

$$n = \frac{R_{\rho}}{\tau_c}, \quad (31)$$

где τ_c – допускаемое сопротивление, $\tau_c = 4$ Ом.

Таким образом, необходимое число заземлений равно:

$$n = \frac{39,8}{4} = 9,97 \text{ шт.}$$

Принимаем количество труб равным $n = 10$ шт.

Определяем длину соединительной полосы по формуле, [47]:

$$l_n = a \cdot (n - 1),$$

$$l_n = 900 \cdot (10 - 1) = 8100 \text{ см.}$$

Определяем величину сопротивления растекания тока от соединительной полосы по формуле, [24]:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_{cn} \cdot b}, \quad (32)$$

где ρ_n – удельное расчетное сопротивление грунта для полосы:

$$\rho_n = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

l_n – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см;

h_{cn} – глубина заложения полосы в землю, см.

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 8100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 8100^2}{80 \cdot 6} = 10,6 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление системы заземления определяется по формуле, [24]:

$$R_c = \frac{R_g \cdot R_n}{R_g \cdot \eta_g + R_n \cdot \eta_n \cdot n}, \quad (33)$$

где η_g – коэффициент использования электродов, $\eta_g = 0,76$;

η_n – коэффициент использования полосы, $\eta_n = 0,82$.

$$R_c = \frac{39,8 \cdot 10,6}{39,8 \cdot 0,76 + 10,6 \cdot 0,82 \cdot 10} = 3,49 \text{ Ом.}$$

Проводим проверку выполнения условия: $R_c \leq \tau_c$

$$R_c = 3,49 \text{ Ом} \leq \tau_c = 4 \text{ Ом.}$$

Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого. Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам.

9.1.3 Пожарная безопасность

Автоматическая сварка неповоротных стыков труб марки 10Г2ФБЮ Ø 1220x19.5мм.

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Трасса газопровода проходит в лесной зоне (тайга) Западной Сибири. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При строительстве линейной части трубопровода могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека. Здания в сварочном производстве относятся ко второй степени огнестойкости сооружений, к категории Г [24].

Основными причинами возникновения пожаров в сварочных цехах машиностроительных предприятий, является:

- нарушение технологического режима;
- неисправность электрооборудования;
- искры;
- неисправность запорной арматуры и отсутствие заглушек на аппаратах и трубопроводах;
- реконструкция установок с отклонением от технологических схем;
- возгорание промасленной ветоши и других легковоспламеняющихся материалов.

Поэтому для предотвращения пожаров необходимо следовать следующим правилам:

- о предстоящих работах по сварке необходимо заблаговременно сообщать лицу, ответственному за пожарную безопасность;
- рабочие места сварщиков следует предварительно очистить от древесных стружек, сгораемого мусора в радиусе не менее 10 метров, а также удалить из этой зоны другие взрывоопасные и огнеопасные вещества;
- необходимо соблюдать осторожность при перемещении сварочных проводов.

Особую опасность при этом представляет собой искрение проводов (при их недостаточной или нарушенной изоляции) в местах, удаленных от сварщика или недоступных его наблюдению;

– при длительном или концентрированном воздействии искр и капель расплавленного металла, образующимся при сварке, необходимо защищать деревянные настилы или подмости от возгорания листовым железом или асбестом;

– по окончании смены нужно тщательно проверять рабочую зону и не оставлять открытого огня, нагретых до высокой температуры предметов, а также тлеющих сгораемых материалов, мусора и т. д.

Основы противопожарной защиты предприятий определены стандартами: ГОСТ 12.1.004 - 76 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1.010 - 76 «Взрывобезопасность. Общие требования».

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

В случае возникновения пожара необходимо отключить подачу электроэнергии, вызвать пожарную команду и, если это, возможно, приступить к ликвидации очагов возгорания силами персонала цеха.

Для быстрой ликвидации пожара вблизи места сварки всегда должна быть бочка с водой и ведро, ящик с песком и лопата, а также ручной огнетушитель. Огнетушители, применяемые при тушении пожара на участке с электроустановками, должны быть углекислотными. Для быстрой ликвидации пожара нормами первичных средств пожаротушения сварочного цеха на каждые 200 м площади предусмотрен один огнетушитель ОУ - 5, ящик с песком 0,5 м и две лопаты.

Пожарные краны, рукава, стволы огнетушители и другие средства тушения пожара необходимо содержать в исправности и хранить в определенных местах по согласованию с органами пожарного надзора.

9.2 Экологическая безопасность

Охране окружающей среды необходимо уделять большое внимание, так как неконтролируемые производственные процессы наносят огромный ущерб природе.

Загрязнение окружающей среды промышленными предприятиями связано в основном с загрязнением атмосферы и воды, используемой для различных целей на производстве: охлаждение оборудования, промывка деталей и т. д.

Одним из направлений связанных с уменьшением загрязнения окружающей среды промышленностью, является развитие безотходного или малоотходного производства. В них все отходы, в том числе загрязняющие воду и воздух, либо отсутствуют, либо используются в других технологических циклах данного производства. Так, для охлаждения технологического оборудования и деталей, используют обратное водоснабжение. При этом вода, выполнившая свою роль в охлаждении оборудования, неоднократно используется: поступает на охлаждение, затем через насос снова подается в технологический водопровод и т. д.

Загрязнение атмосферы оказывает вредное влияние на организм человека, отрицательно сказывается на общей экологической обстановке.

Поэтому следует проводить следующие технологические и санитарно - гигиенические мероприятия [28]:

- совершенствование технологических процессов производства, герметизация оборудования, утилизация отходов;
- очистка воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией из цехов и отделов промышленного предприятия.

В камерах происходит лишь грубая очистка воздуха от пыли. В них задерживаются пылинки диаметром 30–40 мк. В связи с этим, нередко необходимо вторая ступень очистки воздуха в сетчатых, матерчатых фильтрах и других устройствах.

Для очистки технологических и вентиляционных выбросов от вредных газов и паров применяют адсорберы. В адсорберах очищаемый поток пронизы-

вает слой адсорбента, состоящего из зернистого вещества с развитой поверхностью, например, активированный уголь и др. При этом вредные газы и пары связываются с адсорбентом и в дальнейшем могут быть выделены из него химическим путем.

Для удаления аэрозолей и пыли, широко применяются инерционные пылеуловители типа «Циклон». Следует отметить применение электрофильтров и ультразвуковых пылеуловителей. Принцип действия первых основан на том, что частицы пыли, проходя с воздухом через электрические поля, получают заряды и, притягиваясь, оседают на электродах, с которых затем удаляются механически.

Вышеперечисленным вопросам уделяется большое внимание на производстве. Существует бюро охраны окружающей среды, которое обеспечивает соблюдение требований к природоопасным производствам, контролирует работу производственных очистных сооружений.

9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

К основным случаям чрезвычайных ситуаций относятся: применение потенциальным противником оружия массового поражения, вооружения, экономическая и научно - механическая война.

Война в современных условиях требует проведения полномасштабных защитных мероприятий и накопления средств защиты в мирное время.

Гражданская оборона, решает весь комплекс задач стоящих перед ней, на основе глубоких теоретических исследований, обобщения опытных данных и применения всех достижений науки и техники.

Одной из главных задач гражданской обороны является повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства. Заблаговременно организуется, и проводятся инженерные, технические и организационные мероприятия.

Инженерно – технические мероприятия должны обеспечивать повышенную устойчивость промышленных зданий и сооружений при наступлении чрезвычайных ситуаций.

Должны проводиться организационные мероприятия, которые предусматривают заблаговременную разработку и планирование действий персонала или личного состава штаба, служб и формирований государственной обороны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

Непосредственными организаторами для населения, являются начальники штабов государственной обороны, командиры воинских подразделений, директора заводов, начальники цехов, участков и т. д.

В связи с активным развитием технологий, с использованием взрывоопасных, радиоактивных и токсичных веществ и материалов, существует угроза здоровью и жизни человека.

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространства возникает в результате выпадения радиоактивных веществ на облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

Промышленные здания могут обеспечивать лишь частичную защиту от радиации и для защиты населения от поражающего воздействия должны применяться специальные сооружения:

- противорадиационные укрытия, которые строятся из подручных материалов;
- убежища с упрощенной фильтровентиляционной системой;
- убежища с фильтровентиляционным оборудованием промышленного изготовления [28].

Предельно допустимая величина зараженности оборудования - 200 млрд./час. При таком заражении можно пользоваться, оборудованием не подвергаясь опасности заражения.

При проектировании новых цехов необходимо предусмотреть строительство убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно - техническими приборами, а также средствами очистки от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. Убежище должно иметь телефонную связь с пунктом управления предприятия и репродуктор, подключенный к городской сети. Канализация и водоснабжение убежища осуществляется на базе городских сетей. В убежищах должно предусматриваться отопление.

Главная задача при чрезвычайных ситуациях - защита населения от возможного поражения. Выполнение этой задачи достигается путем укрытия населения в защитных сооружениях, эвакуацией его из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

9.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.

Охрана труда - это система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранения здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Полностью безопасных и безвредных производств не существует. Задача охраны труда – свести к минимальной вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда.

Большое значение в создании здоровых и безопасных условий труда имеет стандартизация. Она позволяет принять действенные меры по повышению тех-

нического уровня и упорядочению разработки нормативно-технической документации по охране труда.

В нашей стране с 1972 г. Создаётся система стандартов по безопасности труда (ССБТ). Кроме того, во все стандарты и технические условия, как правило, включается раздел «Требования безопасности».

Улучшение условий труда, повышение его безопасности влияют на результаты производства – на производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции.

Производительность труда повышается за счет сохранения здоровья и работоспособности человека, экономии живого труда путем повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека, экономии общественного труда путем повышения качества продукции, улучшения использования основных производственных фондов, уменьшения числа аварий и т.п.

Улучшение условий труда и его безопасность приводят к снижению производственного травматизма, профессиональных заболеваний, что сохраняет здоровье трудящихся и одновременно приводит к уменьшению затрат на оплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, на оплату последствий такой работы (временной или постоянной нетрудоспособности), на лечение, переподготовку работников производства в связи с текучестью кадров по причинам, связанным с условиями труда. [30]

9.4.1.1 Правовые и организационные вопросы охраны труда

Пункт 2 статьи 7 Конституции Российской Федерации гласит, что в Российской Федерации охраняются труд и здоровье людей. В статье 37 Конституции Российской Федерации наряду с иными правами также гарантировано право каждого на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены.

Вопросы охраны труда охватывают широкий круг понятий и основных направлений деятельности в сфере социально-трудовых отношений. В связи с этим принято различать охрану труда в широком и узком смыслах.

Правовой институт охраны труда регулируется множеством нормативных правовых актов, основополагающим из которых является ТК РФ.

Охрана труда как правовой институт имеет особую актуальность, и является частью государственной политики. Основные направления государственной политики в области охраны труда, закреплены в статье 210 ТК РФ, к ним относятся:

«обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;

– принятие и реализация федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации в области охраны труда, а также федеральных целевых, ведомственных целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда;

– государственное управление охраной труда;

– государственный надзор и контроль за соблюдением государственных нормативных требований охраны труда;

9.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации возлагаются на работодателя. Многие работодатели не всегда выполняют требования законодательства об охране труда, что приводит к несчастным случаям на производстве. Несоблюдение мер по охране труда приводит к наложению на работодателя довольно строгих санкций. Согласно статье 5.27 КоАП РФ нарушение законодательства о труде и об охране труда:

«влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от пяти до пятидесяти минимальных размеров оплаты труда; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, - от пяти до пятидесяти минимальных размеров оплаты труда или

административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц - от трехсот до пятисот минимальных размеров оплаты труда или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток. Нарушение законодательства о труде и об охране труда должностным лицом, ранее подвергнутым административному наказанию за аналогичное административное правонарушение, влечет дисквалификацию на срок от одного года до трех лет».

9.4.2.1 Организация охраны труда на предприятии

Организация охраны труда требует комплексного подхода, поэтому организациям лучше всего разработать систему управления охраной труда в своей организации.

Система управления охраной труда должна предусматривать:

- планирование показателей условий и охраны труда;
- контроль плановых показателей;
- возможность осуществления корректирующих и предупредительных действий;
- внутренний аудит системы управления охраной труда и анализ ее функционирования, с тем чтобы обеспечивать соответствие этой системы принятой политике и ее последовательное совершенствование;
- возможность адаптации к изменяющимся обстоятельствам;
- возможность интеграции в общую систему управления (менеджмента) организации в виде отдельной подсистемы.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, были рассмотрены несколько технологий автоматической орбитальной сварки неповоротных стыков труб, применяемых для строительства линейной части трубопровода.

В ходе анализа рассмотренных технологий был выявлен ряд их преимуществ для обеспечения, как скорости, так и качества сварки. Это позволило изложить общую концепцию орбитальной автоматической сварки. На основании изложенной концепции для обеспечения скорости сварки и ее качества был внедрено применение внутреннего многоголовочного сварочного автомата для осуществления сварки корня шва изнутри в специальную зауженную разделку.

Также было предложено взамен импортных сварочных материалов применять проволоку отечественного производителя ЕКАТЕРИНА 100S-G $\varnothing 0,1$ мм, что позволит обеспечить экономию до 30-40 % от общих затрат на сварочные материалы.

Для сварки заполняющих и облицовочных швов была применена специальная зауженная разделка, что уменьшило сечение шва в 2 раза по сравнению с заводской кромкой труб с углом раскрытия 60° , что обеспечило значительную экономию на сварочные материалы.

Для увеличения скорости сварки заполняющих проходов был применен двухдуговой сварочный автомат, что позволяет осуществлять сварку двух проходов как одного.

Экономическая эффективность процесса сварки определяется малым сроком окупаемости $PP=2,7$ года.

По результатам полученных показателей экономической оценки инвестиций и ряду выявленных достоинств автоматической орбитальной сварки в зауженную разделку можно сделать вывод, что применение рассмотренных технологий автоматической орбитальной сварки позволяет увеличить скорость сварки корневого и заполняющих слоев шва, что дает высокую экономическую эффективность.

Список использованных источников

1. Сварка трубопроводов: Учеб. пособие / Ф. М. Мустафин, С 24 Н. Г. Блехерова, О. П. Квятковский и др.— М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2002.— 350 с.
2. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности, «Машиностроение», 1973, 448 с.
3. «Особенности технологии сварки корневого слоя и последующих слоев шва неповоротных стыков трубопровода» Карасев М.В., д.т. Работинский Д.Н., к.т.н. (ЗАО НПФ «ИТС»), Бродягин В.Н., к.т.н., Дорошенко Ф.Е., к.т.н. (ООО «АЦГХ»), Казаков А.А., д.т.н., Казакова Е.И., Любочко Д. (С-ПбГПУ)
4. <http://www.lincolnweld.ru>. Особенности технологии и применения сварочного процесса STT.
5. СТО Газпром 2–2.2–136–2007г.
6. <http://www.svarkainfo.ru>.
7. Ведомственный руководящий документ ОАО «Газпром» ВРД 39–1.10–006–2000г.
8. Ведомственный руководящий документ ОАО «Газпром» ВРД 39–1.14–021–2001г.
9. СВАРКА И СВАРИВАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ Том I Справочник в 3-х томах под общей редакцией В Н Волченко. Москва «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1991г.
10. <http://www.splav-kharkov.com> Марочник стали и сплавов.
11. А.Ф. Суворов, Г.Г. Васильев, Ю.А. Горяинов, Ю.Э. Кинцлер, Ф.М. Мустафин, С.И. Сенцов, С.В. Головин Сварочно-монтажные работы в трубопроводном строительстве. Учеб. пособие для вузов.- М.: ЗАО «Звезда», 2006- 240 с.: ил.
12. <http://www.scienceforum.ru/2014>. «Влияние состава защитной газовой среды на коэффициенты расплавления, наплавки и потерь электродного металла». ЮТИ (филиал) ТПУ Юрга, Россия.

13. CRC-EVANS PIPELINE INTERNATIONAL, INC. Техническое руководство. Внутренний центратор-сварочная станция IWM 46-48. декабрь 2008г.
14. Технология сварки плавлением. Часть I: учебное пособие / Е.А. Трущенко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.- 144 с.
15. CRC-EVANS PIPELINE INTERNATIONAL, INC. Техническое руководство. Система сварки с многопроцессорным управлением M-300-C (CW&CCW- правый и левый аппараты) июль, 2004г.
16. CRC-EVANS PIPELINE INTERNATIONAL, INC. Техническое руководство. Компьютеризированная сварочная система, сварочная головка P-600 (Все модели) декабрь, 2008г.
17. <http://www.fronius.com>. Сварочные источники питания TransPulsSynergic Fronius 3200.
18. <http://www.миллервелдс-урал.рф/catalog>. Сварочное оборудование и источники питания Miller USA.
19. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1997. 432с.
20. А.Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974. - 240с.
21. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки/ Под ред. А.И. Акулова. – М: Машиностроение, 2003. - 560 с.
22. Справочник по сварке / Под ред. Е.В. Соколова и др. - М: Машиностроение, 1961. - 664 с.
23. Таран В.Д., Чудинов М.С. Вопросы формирования шва при сварке неповоротных стыков труб // Вопросы сварки и мостостроения: Доклады научной конференции. - Киев, 1972.
24. Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

25. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР. 6-е изд. - Энергоатомиздат.1985. – 640 с.
- 26.Белов С.В. Охрана окружающей среды. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.
- 27.Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
- 28.Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.
- 29.Мальшев Б.Д. Сварка и резка в промышленном строительстве, т.2. М.: Стройиздат, 1989. – 400 с.
- 30.Менеджмент. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности (150202) оборудование и технология сварочного производства / Сост. Ю.С.Прокофьев. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 56 с.