

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология изготовления магистрального трубопровода
диаметром 1420мм из стали 09Г2С»

| | | | |
|--------------|---|-------|------------------|
| Студент | <u>Т.В. Важенцев</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>А.А. Еремичев</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| | <u>М.М. Бажутина</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

«_____» _____ 2018 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности сварки магистрального трубопровода диаметром 1420мм.

Были поставлены задачи – разработать технологический процесс и подобрать необходимое оборудование, которые позволят снизить трудозатраты на производство и позволят в значительной мере увеличить производительность.

В выпускной квалификационной работе произведен анализ способов сварки, в результате которого предложен способ автоматической сварки в среде защитных газов. Подобрано высокопроизводительное оборудование. Также произведены расчеты экономической эффективности проекта и разработаны мероприятия по обеспечению безопасности рабочих.

Выпускная квалификационная работа содержит введение, 5 глав, заключение и список использованной литературы в количестве 26 штук, в том числе 5 иностранных, объем выпускной квалификационной работы составляет 70 страниц, содержит 34 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

ABSTRACT

The title of bachelor's thesis is "Technology of manufacturing trunk pipelines 1420mm in diameter from a steel grade 09G2S".

The bachelor's thesis is devoted to the analysis of existing methods of trunk pipelines welding. The analysis of the sources shows that mechanized welding methods are the most productive and cost-effective. But each of these methods has its own characteristics. The relevance of the conducted research is justified by the necessity to select the most productive welding method and equipment that can be used for the production of the trunk pipeline.

The aim of the work is to choose the welding method and to work out a technology procedure for the production of the trunk pipeline. The objectives include studying advantages and disadvantages of various types of welding and equipment. In previous studies, the dependence of productivity, economic efficiency and quality of the welding junction on the equipment used was revealed. The possibility of using these equipment methods for production of the trunk pipeline used in the final qualification paper was also studied.

The author of the thesis has identified a method that enables to increase the process productivity and the quality of the welding junction, as well as to reduce the economic costs of production in the long term prospects.

The research has resulted in the analysis of welding methods, applicable for trunk pipelines. The equipment is selected, and the production technology is described, which enable to achieve better results in comparison with the basic method. The materials chosen for the production of this trunk pipeline are also selected.

The graduation project consists of an explanatory note on 70 pages, including 34 figures, 11 tables, the list of 26 references including 5 foreign sources, and the graphic part on 6 A1 sheets.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 6 |
| 1 Состояние вопроса | 8 |
| 1.1 Описание магистрального трубопровода | 8 |
| 1.2 Свойства материала изделия..... | 11 |
| 1.3 Выбор способа сварки | 13 |
| 1.4 Анализ способов сварки | 13 |
| 1.4.1 Ручная дуговая сварка | 16 |
| 1.4.2 Механизированная сварка порошковой проволокой | 18 |
| 1.4.3 Автоматическая сварка под слоем флюса | 20 |
| 1.4.4 Контактная сварка непрерывным оплавлением | 21 |
| 1.4.5 Автоматическая сварка в среде защитных газов | 22 |
| 2 Технология изготовления магистрального трубопровода 1420мм..... | 26 |
| 2.1 Входной контроль | 26 |
| 2.2 Сборка | 27 |
| 2.3 Предварительный подогрев | 29 |
| 2.4 Сварка стыка..... | 29 |
| 2.5 Контроль сварного соединения | 32 |
| 3 Выбор оборудования и оснастки..... | 35 |
| 3.1 Центратор внутренний гидравлический самоходный ЦВРС-142..... | 36 |
| 3.2 Установка индукционного подогрева ППЧ50-10 | 36 |
| 3.3 Установка сварочная УАСТ-1 «Альфа» | 37 |
| 3.3.1 Сварочная головка ГАСТ-1 «Альфа» | 38 |
| 3.3.2 Блок управления с блоком подачи проволоки..... | 38 |
| 3.3.3 Пульт управления | 39 |
| 3.3.4 Направляющий пояс | 40 |
| 3.4 Источник питания ДС400.33УКП | 40 |
| 3.5 Агрегат самоходный | 42 |
| 3.6 Установка автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК) ... | 43 |
| 4 Безопасность и экологичность проекта | 45 |
| 4.1 Планировка участка | 45 |
| 4.2 Технологический процесс | 46 |

| | |
|---|----|
| 4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов..... | 46 |
| 4.4 Мероприятия по уменьшению влияния..... | 47 |
| 5 Экономическая эффективность проекта..... | 50 |
| 5.1 Исходные данные..... | 50 |
| 5.2 Расчет нормы штучного времени..... | 52 |
| 5.3 Капитальные вложения в оборудование..... | 52 |
| 5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов..... | 55 |
| 5.5 Расчёт экономической эффективности..... | 64 |
| 5.6 Расчет производительности труда..... | 65 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 66 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ..... | 68 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нефть и газ являются одними из важнейших товаров на мировом рынке и в России в том числе. Они являются важным сырьем для разных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, нефтехимических производств. В свою очередь Россия богата природными ресурсами. Но иногда месторождения находятся вдали от конечного потребителя. При этом возникает проблема доставки сырья к покупателю. Лидером среди разных вариантов доставки является трубопроводный транспорт. А для повышения пропускной способности необходимо использовать трубопроводы большого диаметра.

Магистральные трубопроводы — это сооружения, которые осуществляют транспортировку нефти, нефтепродуктов, воды, газов и прочих веществ от производства или места добычи к конечной точке применения. К магистральным трубопроводам относятся основные трубы и их ответвления.

В настоящее время при монтаже магистральных трубопроводов сварка является основным процессом, который позволяет соединять трубы. В мире известно большое количество способов сварки, которые нашли применение в самых разных видах производства. Однако, один из самых распространенных и простых способов, ручная дуговая сварка, все еще является приоритетным способом сварки. Соединение же труб на трассе чаще всего происходит вручную, с помощью дуговой сварки, причем сварка осуществляется послойно. Существенным недостатком этого метода сварки является низкая производительность, которая обусловлена низкой скоростью ручной дуговой сварки по сравнению с механизированными способами, от сварщика требуется высокая квалификация и универсальность для выполнения работы в разных пространственных положениях и при всем этом имеет место человеческий фактор. Также велико воздействие вредных веществ, выделяющихся в процессе сварки, на организм сварщика.

Поэтому для трубопроводов большого диаметра рациональным решением является использование механизированных и автоматических способов сварки. Поскольку данные способы позволят значительно повысить производительность, а также качество сварного соединения, за счет исключения человеческого фактора. Так же данные способы способствуют снижению трудозатрат, экономических затрат и снижает влияние вредных факторов при сварке на человека.

Цель настоящей работы – разработка технологического процесса, позволяющего повысить производительность труда при изготовлении магистральных трубопроводов.

1 Состояние вопроса

1.1 Описание магистрального трубопровода

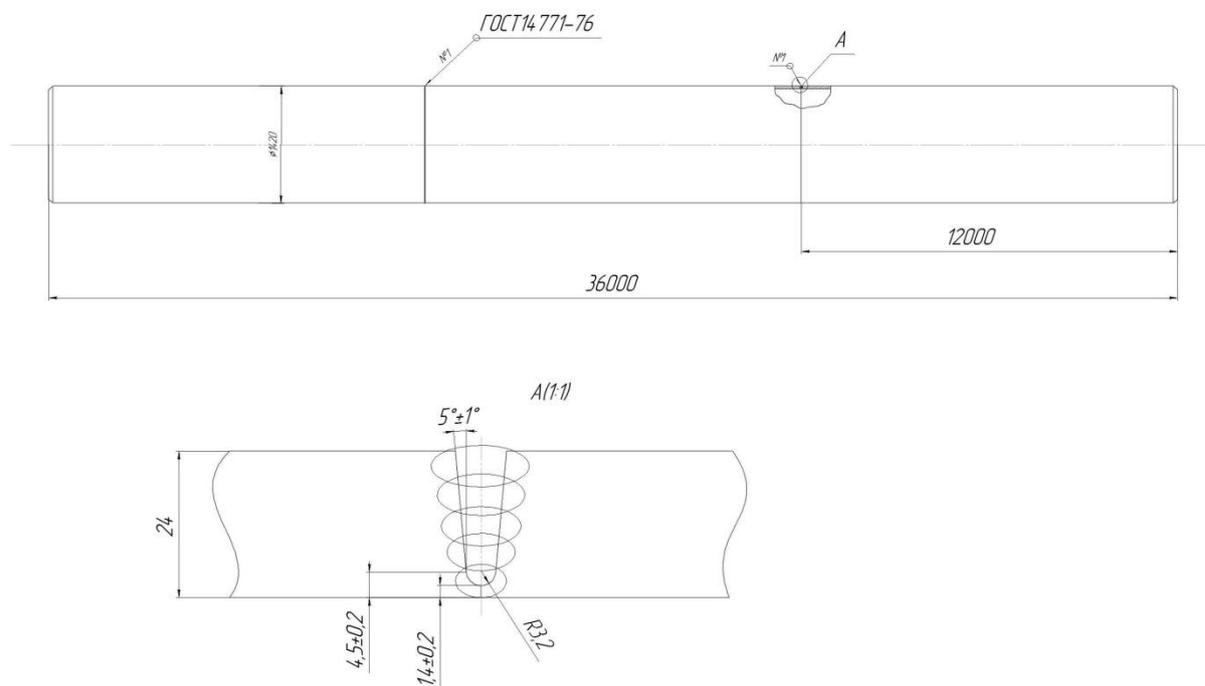


Рисунок 1.1 - Участок магистрального трубопровода

В данной работе рассматривается процесс изготовления магистрального трубопровода (рис. 1). Магистральные трубопроводы — это сооружения, которые осуществляют транспортировку нефти, газов и прочих веществ от места добычи или переработки до конечного потребителя. Диаметр используемой трубы составляет 1420 мм. Этот диаметр труб является наибольшим из применяемых для сооружения магистральных трубопроводов. Благодаря своим размерам она обладает большей пропускной способностью по сравнению с трубами меньшего диаметра и может транспортировать большее количество природного газа или нефти за то же количество времени.

Трубы для строительства магистральных газопроводов диаметром до 1420 мм на рабочее давление до 9,8 МПа изготавливаются из спокойной и полуспокойной стали должны отвечать требованиям ГОСТ-19281-73, ГОСТ-

19282-86. Прямошовные электросварные стальные трубы диаметром 1420мм изготавливаются по ГОСТ 10704-91 и ГОСТ 10706-76. Согласно ТУ 1381-012-05757848-2005 труба изготавливается сваркой под слоем флюса с продольными сварными швами из сталей классов K52 – K60 и категорий прочности X56 - X70. Также могут изготавливаться из зарубежных сталей, механические свойства которых соответствуют данным техническим условиям. [4], [5]. Трубы электросварные больших диаметров производятся немерной длины, могут иметь покрытие - черное антикоррозионное (экструдированный полиэтилен), либо теплоизоляционное (пенополиуретан - ППУ). [1],[3].

«Трубы, произведенные для магистрального трубопровода, должны соответствовать следующим требованиям.

1) Трубы должны иметь сварные соединения, равнопрочные основному металлу;

2) Длина труб должна быть от 10,5 до 12м;

3) Отклонение наружных диаметров концов труб на длине 200 мм - $\pm 1,6$ мм;

4) Кривизна по образующей трубы не должна превышать 1,5мм на длине 1 метр, общая кривизна труб не должна превышать 0,2% длины трубы;

5) Овальность концов труб не более 0,8% от номинального наружного диаметра;

6) Отклонение толщины стенок трубы допускается ± 1 мм от номинальной;

7) Концы труб должны быть обрезаны под прямым углом и иметь разделку кромок необходимую для применяемого способа сварки;

8) Высота усиления швов трубы от 0,5 до 3мм, ширина усиления – не более 35мм;

9) Лист металла перед изготовлением должен быть проверен ультразвуковым контролем на наличие дефектов;

10) Сварные соединения труб должны быть подвергнуты неразрушающему контролю;

11) Каждая труба должна подвергаться гидравлическому испытанию. Напряжение в металле достигается 0,95 от нормативного предела текучести;

12) Законом изготовителем должен выдаваться сертификат на произведенные трубы;

13) На внутренней поверхности трубы на расстоянии около 500мм от торца несмываемой краской наносится маркировка;» [2].

Для изготовления рассматриваемого трубопровода, поставляется труба со специальной зауженной разделкой кромок. Применение такого рода разделки позволяет снизить количество проходов при сварке, а также количество затраченных материалов. Диаметр трубы 1420мм, а толщина стенки 24мм. Схема разделки кромок представлена на рис.1.2.

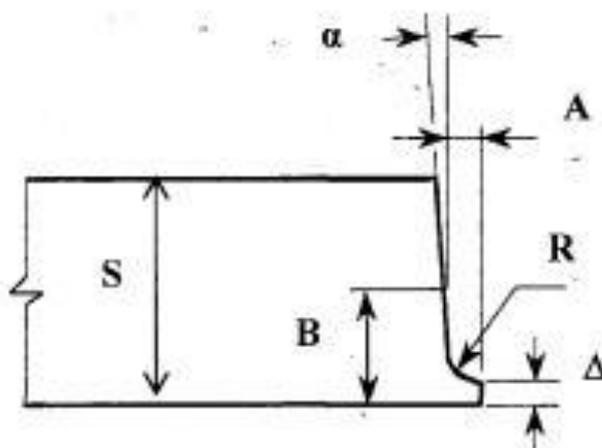


Рисунок 1.2 – Специальная разделка кромок

Разница стандартной разделки кромок и специальной разделки показана на рисунке 1.3.

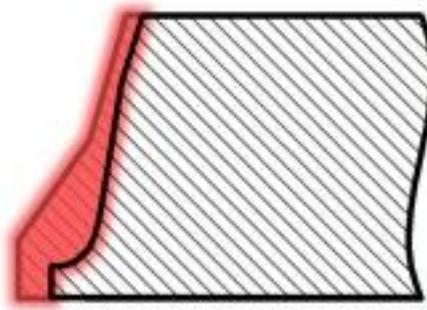


Рисунок 1.3 – Различия формы стандартной и специальной разделки.

1.2 Свойства материала изделия

В выпускной квалификационной работе рассматривается труба из стали 09Г2С. «Сталь конструкционная низколегированная 09Г2С, служит для изготовления листового проката. Благодаря низкому содержанию углерода – не более 0,12% эта сталь обладает хорошей свариваемостью, что в свою очередь позволяет использовать ее в сложных и толстостенных конструкциях. Из-за низкого содержания углерода при сварке пластические свойства металла не снижаются.» [6].

При сварке толстостенных конструкций или при температуре окружающей среды ниже 0°C требуется проводить предварительный подогрев до 100 - 150°C.

«Сталь 09Г2С можно использовать в широком диапазоне температур от -70 до +450 С. Это делает ее хорошим вариантом для использования в производстве магистрального трубопровода, который будет эксплуатироваться в разнообразных условиях окружающей среды.» [6].

Химический состав стали приведен в таблице 1.1, механические свойства стали 09Г2С в таблице 1.2, а показатели временного сопротивления разрыва в таблице 1.3. [6].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 09Г2С%

| Химический элемент | C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr |
|--------------------|---------------|---------|---------|--------------|------|----------------|--------------|
| Содержание % | не более 0,12 | 0,5-0,8 | 1,3-1,7 | Не более 0,3 | 0,04 | Не более 0,035 | Не более 0,3 |

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281-73

| | |
|--|----------------------------------|
| Временное сопротивление разрыву, $\sigma_{вр}$, кгс/мм ² | 47 |
| Предел текучести, σ_T , кгс/мм ² | 31 |
| Относительное удлинение, δ , % | 21 |
| Ударная вязкость, a_H , кгс·м/см ² | 3,5 (при -40°С) 6 (при +20°С) |
| Гарантированное предприятием–изготовителем испытательное давление трубы, кгс/мм ² | 85,6 |
| Вид поставки | Прямошовные трубы |

Таблица 1.3 - Временное сопротивление разрыву труб

| Группа прочности | I | II | III | IV | V |
|--|----|----|-----|----|----|
| Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ² | 50 | 53 | 55 | 57 | 60 |

1.3 Выбор способа сварки

При выборе способа сварки необходимо учитывать такие факторы как:

- габариты изделия
- толщина стенки трубы
- место проведения сварочных работ
- экономическая эффективность
- вредность для здоровья сварщиков
- климатические условия

Для производства магистрального трубопровода допускается применять несколько разнообразных способов сварки, поэтому необходимо рассмотреть эти способы и выбрать наиболее эффективный с точки зрения производительности и по возможности экономической эффективности для выполнения конкретной задачи.

1.4 Анализ способов сварки

В настоящее время при строительстве магистральных трубопроводов в основном применяются следующие способы сварки неповоротных стыков труб: ручная дуговая сварка; полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитного газа; полуавтоматическая сварка порошковой проволокой; автоматическая односторонняя сварка под слоем флюса; автоматическая сварка в среде защитных газов; контактная сварка и др.

Помимо этого существуют способы с использованием точечных источников энергии – лазерная сварка, а также гибридная лазерно-дуговая сварка. [5].

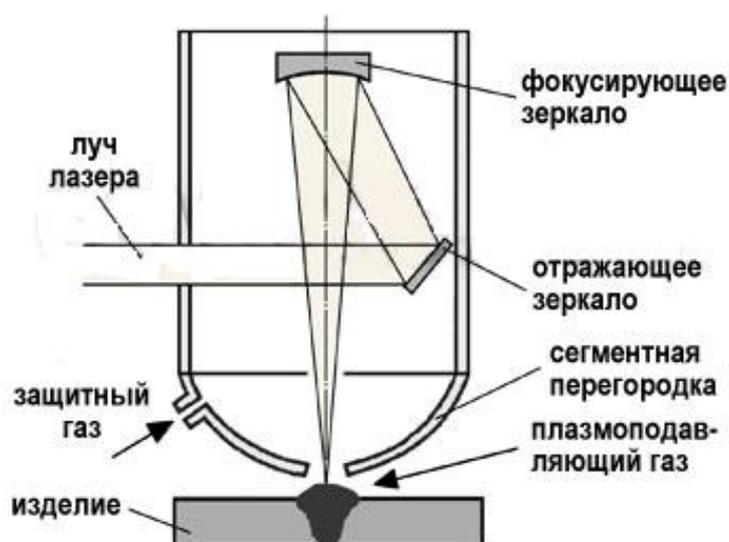


Рисунок 1.4 – Схема лазерной сварки

«Перспективность метода лазерной сварки заключается в следующем:

- Возможность сварки за один проход
- Затраты на разделку кромок исключаются
- Надежность сварного соединения, близка по показателям к основному металлу
- Производительность процесса сварки в 5-10 раз выше, чем при дуговых способах
- Низкий расход присадочной проволоки (до 30 раз)
- Процесс экологически чистый, за счет исключения из процесса сварки электродов, флюсов.

Но, несмотря на все преимущества, этот способ требует специализированного оборудования, а стоимость технологических лазеров достаточно высока.

В свою очередь гибридная лазерно-дуговая сварка обладает следующими преимуществами:

- Возможность сварки металла толщиной до 20мм без разделки кромок в один проход
- Стабильность горения дуги за счет взаимодействия лазерного излучения и электрической дуги

- Качество шва сопоставимо с лазерной сваркой
- Дополнительное легирование шва за счет металла электрода
- Технология менее чувствительна к зазорам, благодаря присутствию дополнительного источника тепла» [7].



Рисунок 1.5 - Схема гибридной лазерно-дуговой сварки

Но, несмотря на это, ряд недостатков - высокая сложность технологического процесса и возможность образования ряда специфических дефектов (горячие трещины, пористость, хампинг и корневые пики) препятствует широкому распространению данного способа для сварки магистральных трубопроводов. [8],[9],[10].



Рисунок 1.6 – Нестабильное формирование обратного валика сварного шва (хампинг) при гибридной лазерно-дуговой сварке

Однако данные способы не получили столь широкого применения, как, например, дуговые. Поэтому рассмотрим подробнее наиболее применяемые апробированные способы.

1.4.1 Ручная дуговая сварка

«В процессе сварки покрытым электродом происходит расплавление металлического стержня и защитного покрытия. Во время горения дуги выделяются шлак и газы, которые в свою очередь защищают металл шва от воздействия кислорода и азотом из окружающей среды.» [11].

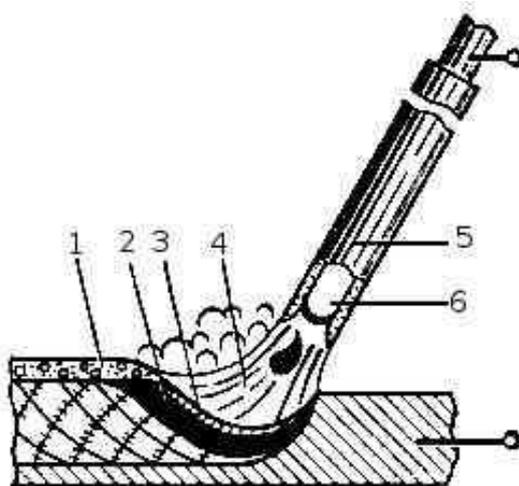


Рисунок 1.7 Схема сварки покрытым электродом

1 – Застывший шлак; 2 – Сварочная ванна; 3 – Расплавленный шлак; 4 – Сварочная дуга; 5 – Покрытие электрода; 6 – Металлический стержень электрода.

При сооружении магистральных трубопроводов непременно встречается ручная дуговая сварка. Этот способ может использоваться, как для полного цикла сварки, так и для выполнения только прихваток либо корневого прохода. «При ручной дуговой сварке покрытым электродом запрещается подавать в дугу или закладывать в разделку какие-либо присадки.» [12].

Для строительства и ремонта магистральных трубопроводов могут использоваться электроды с целлюлозным и основным покрытием.

Электроды с целлюлозным покрытием (например, Pipeweld 6010 фирмы ESAB, Швеция).

Электроды с основным покрытием для сварки во всех пространственных положениях заполняющих и облицовочных слоев (например, FOX-EV50, фирмы BOHLER, Австрия).

Электроды с основным покрытием для сварки во всех пространственных положениях, обеспечивающие формирование обратного валика при сварке корневого шва (например, LB-52U фирмы Kobe Steel, Япония).

При этом возможно несколько вариантов сварки.

1. Сварка корневого шва выполняется электродом с целлюлозным покрытием постоянным током на обратной либо прямой полярности, а заполняющие и облицовочные швы электродом с основным покрытием на постоянном токе обратной полярности. После корневого слоя целлюлозным электродом необходимо выполнить его шлифовку абразивным инструментом.

2. Сварка всех швов происходит низководородными электродами с основным покрытием.

3. Сварка корневого, заполняющих и облицовочных швов проводится электродами с целлюлозным покрытием.

Преимущества способа:

- Простота и надежность оборудования;
- Доступность и относительно низкая стоимость оборудования и сварочных материалов;
- Высокое качество соединения при достаточной квалификации сварщика;

- Ручная дуговая сварка покрытым электродом эффективна для сварки корневого слоя при сварке секций труб;

- Может применяться для сварки заклёстных стыков в действующие или строящиеся трубопроводы.

Недостатки способа:

- Низкая производительность;
- Большой объём отходов (огарки электродов);
- Выделение большого количества газов и дыма в ходе сварки.
- Сильное разбрызгивание
- Влияние человеческого фактора на качество швов
- Большая трудоемкость процесса

1.4.2 Механизированная сварка порошковой проволокой

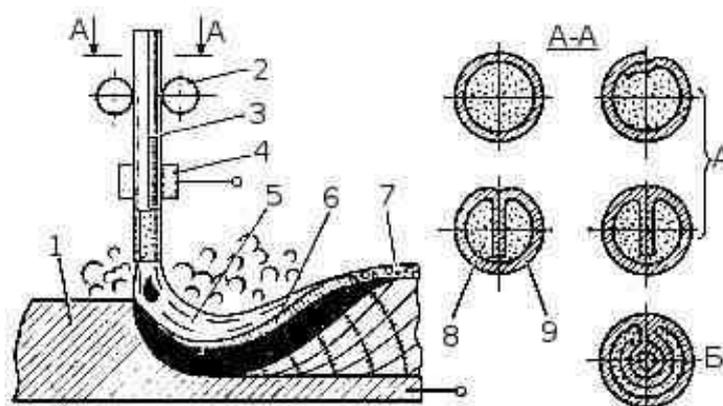


Рисунок 1.8 Схема сварки порошковой проволокой

1 – Изделие; 2 – Подающие ролики; 3 – Порошковая проволока;
4 – Токопровод; 5 – Дуга; 6 – Расплавленный шлак; 7 – Затвердевший шлак;
8 – Порошковый сердечник; 9 – Оболочка проволоки;

«Одной из разновидностей механизированной сварки плавящимся электродом является сварка порошковой проволокой. Внутренняя полость порошковой полости на 50-70% заполнена шлакообразующими компонентами, раскислителем и, при необходимости, легирующими элементами. Флюс, находящийся внутри проволоки, расплавляясь, защищает

сварочную ванну от взаимодействия с окружающей средой. При этом способе нет необходимости в защитном газе, а также подаче флюса, который не позволяет визуально отслеживать процесс горения дуги. Однако в силу своей конструкции порошковая проволока имеет недостатки. Требуется механизм подачи с малым усилием сжатия на направляющих роликах, чтобы не повредить проволоку, так как она имеет малую жесткость. Металлическая оболочка плавится быстрее, чем наполнитель, поэтому в сварочную ванну может попадать флюс в нерасплавленном виде.» [13].

Преимущества способа

- Отсутствие большого количества отходов (огарков)
- Высокая производительность
- Высокое качество сварного соединения
- Возможность визуального контроля процесса горения дуги
- Отсутствие необходимости во флюсе и защитном газе

Недостатки способа

- Высокая стоимость проволоки
- Сильное разбрызгивание при сварке
- Необходимо специализированное подающее устройство
- Существует вероятность образования дефектов за счет попадания в сварочную ванну наполнителя проволоки
- Защита сварочной ванны менее надежна, чем при сварке под слоем флюса
- Необходимость механической зачистки шлака между слоями при сварке в несколько проходов

1.4.3 Автоматическая сварка под слоем флюса

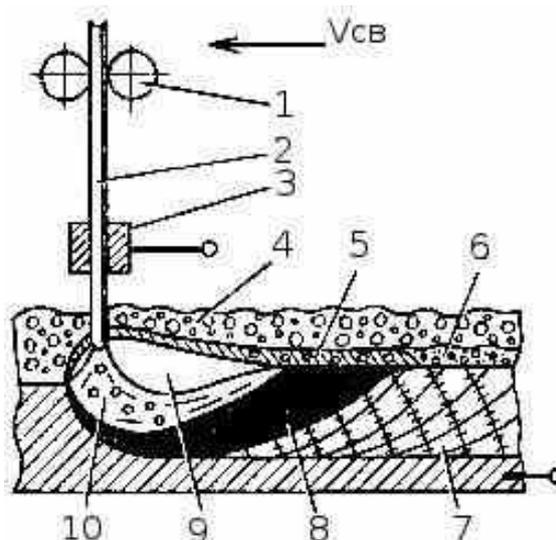


Рисунок 1.9 – Схема автоматической сварки под слоем флюса

1 — Подающие ролики; 2 — Электродная проволока; 3 — Токоподвод; 4 — Флюс; 5 — Расплавленный флюс; 6 — Шлаковая корка; 7 — Сварной шов; 8 — Сварочная ванна; 9 — Газовый пузырь; 10 — Сварочная дуга

При этом способе сварки дуга горит под слоем флюса. Под действием тепла дуги часть флюса, основной металл и электродная проволока расплавляются. Образуется газовая полость под слоем расплавленного шлака, поэтому дуга горит в полной изоляции от атмосферы. Излишки газа прорываются наружу через жидкий шлак. При остывании расплавленный флюс застывает, образуя шлаковую корку. По способу изготовления флюсы бывают плавные и керамические, а по характеру шлака на кислые и основные. Для получения плавного флюса шихта расплавляется в печи, а затем гранулируется. Технология изготовления керамического флюса схожа с изготовлением покрытий электродов. Керамические флюсы могут легировать металл практически всеми необходимыми элементами.

При использовании автоматической сварки повышается качество сварного соединения. Производительность способа в 5-10 раз выше, чем при использовании ручной дуговой сварки, а КПД дуги достигает 95%.

Преимущества способа

- Высокое качество сварного соединения
- Высокая производительность
- Хорошая защита сварочной ванны от окружающей среды
- Отсутствие разбрызгивания
- Низкие потери электродного металла
- Низкое влияние человеческого фактора

Недостатки способа

- Сварка производится преимущественно в нижнем положении
- Невозможность визуального контроля горения дуги
- Интенсивное выделение вредных газов
- Необходимость точной сборки труб перед сваркой
- Сложность оборудования

1.4.4. Контактная сварка непрерывным оплавлением

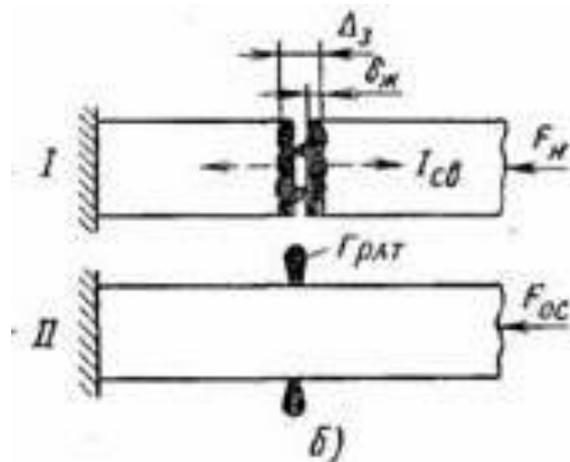


Рисунок 1.10 – Схема контактной сварки оплавлением

При сварке оплавлением свариваемые детали равномерно сближают при включенном трансформаторе. Касание происходит по отдельным площадкам, поэтому плотность тока высока, что приводит к расплавлению металла в зоне контакта. После равномерного оплавления поверхности

производится осадка, при этом жидкий металл выдавливается наружу из стыка, образуя грат. При этом оксиды, находящиеся на поверхности также вытесняются в грат с расплавом. На трубах внутренний грат снимается в горячем состоянии практически сразу после завершения процесса сварки при температуре 800-1100°C, а наружный – в горячем либо холодном состоянии.

[14].

Однако для работы оборудования требуется большое количество энергии, которое может быть недоступно в полевых условиях вдали от ЛЭП.

Преимущества способа:

- Высокая производительность;
- Высокое качество и надежность соединения;
- Низкий расход вспомогательных материалов;
- Не требуется высокая квалификация сварщиков;
- Процесс относительно экологически чистый;
- Процесс легко механизуется;

Недостатки:

- Сложность оборудования;
- Необходимость в специализированном оборудовании;
- Высокие энергозатраты

1.4.5 Автоматическая сварка в среде защитных газов

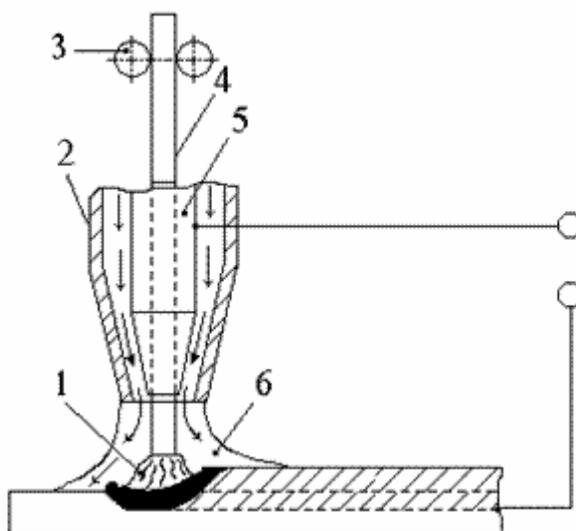


Рисунок 1.11 – Схема сварки в среде защитных газов

- 1 – Сварочная дуга; 2 – Сопло горелки; 3 – Подающие ролики;
 4 – Электродная проволока; 5 – Токопроводящий мундштук;
 6 – Струя защитного газа;

Сварка в среде защитных газов может проводиться как плавящимся электродом - проволокой, так и неплавящимся – вольфрамовым или угольным. При сварке неплавящимся электродом в дугу подается присадочная проволока для заполнения разделки. В этой работе рассмотрим сварку плавящимся электродом. Для защиты применяются инертные газы (Ar, He), активные газы (CO₂, O₂) либо смесь газов. Защитный газ выбирается в зависимости от свариваемых материалов. Смеси газов применяются для повышения устойчивости горения дуги, увеличения глубины проплавления и повышения производительности. Таким образом, можно изменять параметры сварного шва. Благодаря автоматизации процесса можно добиться высокого качества соединения и высокой производительности процесса, а также минимизировать влияние человеческого фактора на конечный результат.

- Сильное разбрызгивание;
- Трудность в доставке газа при работе в полевых условиях;
- В некоторых случаях необходимо водяное охлаждение горелок;

1.5 Обоснование выбора способа сварки

В качестве критериев при выборе сварки выбраны:

- производительность
- качество сварного соединения
- стоимость материалов
- возможность применения в полевых условиях

В результате анализа возможных способов сварки было принято решение использовать автоматическую сварку в среде защитных газов. По сравнению с базовым способом – ручной дуговой сваркой, этот способ позволяет в значительной мере увеличить производительность процесса и при этом снизить трудозатраты. Также стоимость материалов для данного способа сравнительно невысока, при этом получается сварное соединение высокого качества. Автоматическую сварку в среде защитных газов вполне можно использовать в полевых условиях.

При всем при этом имеющиеся у способа недостатки можно устранить или свести к минимуму за счет подбора оборудования и материалов, для определенных критериев сварки. Например, использование газовой смеси Ar/CO₂ (80/20), а также источника питания ДС400.33УКП с управляемым каплепереносом позволяет свести к минимуму разбрызгивание. Использование палатки позволяет предотвратить сдувание газа, тем самым обеспечивает хорошую защиту сварочной ванны от окружающей среды.

2 Технология изготовления магистрального трубопровода 1420мм

2.1 Входной контроль

Перед процессом сварки необходимо провести входной контроль. Производится проверка маркировки трубы на соответствие, а также сертификата на поставляемую продукцию. Затем необходимо произвести осмотр трубы для выявления возможных повреждений поверхности. Сначала необходимо демонтировать технологические заглушки с торцов трубы и провести осмотр на наличие загрязнений и дефектов. «Допустимые дефекты на кромке – вмятины до 0,84мм (до 3,5% толщины стенки), забоины и задиры не более 5мм. В случае обнаружения, дефекты необходимо устранить, например, с помощью наплавки.» [12]



Рисунок 2.1 – Маркировка трубы

Следующим этапом перед сборкой необходимо очистить кромки трубы от загрязнений, при этом, не нарушая целостности поверхности. «Зачистить шлифмашинкой с дисковой проволочной щеткой кромку на ширину не менее 15мм. Снять усиление заводского шва шлифмашинкой до 0,5 – 1мм на

расстояние 150 мм от кромки для применения автоматизированного ультразвукового контроля.» [21].

2.2 Сборка

После входного контроля производится сборка и установка центратора. Труба помещается краном-трубоукладчиком на опоры. С помощью крана в трубопровод помещается внутренний самоходный гидравлический центратор ЦВРС142. Центратор перемещается по трубе к центрируемому стыку посредством электропривода и автоматически останавливается на торце, разжимается задний ряд жимков, которые остаются полностью скрыты кромкой трубы. Жимки разжимаются с усилием 2 МПа. После этого оператором трубоукладчика производится установка второй трубы на центратор без зазора. Максимально допустимое отклонение (b) составляет 0,5мм. Вторая труба также зажимается жимками центратора с усилием 2 МПа. Проверка зазора осуществляется с помощью универсального шаблона сварщика.



Рисунок 2.2 – Установка внутреннего центратора

Центратор оснащен медной подкладкой, необходимой для сварки корневого шва в автоматическом режиме для предотвращения вытекания металла.

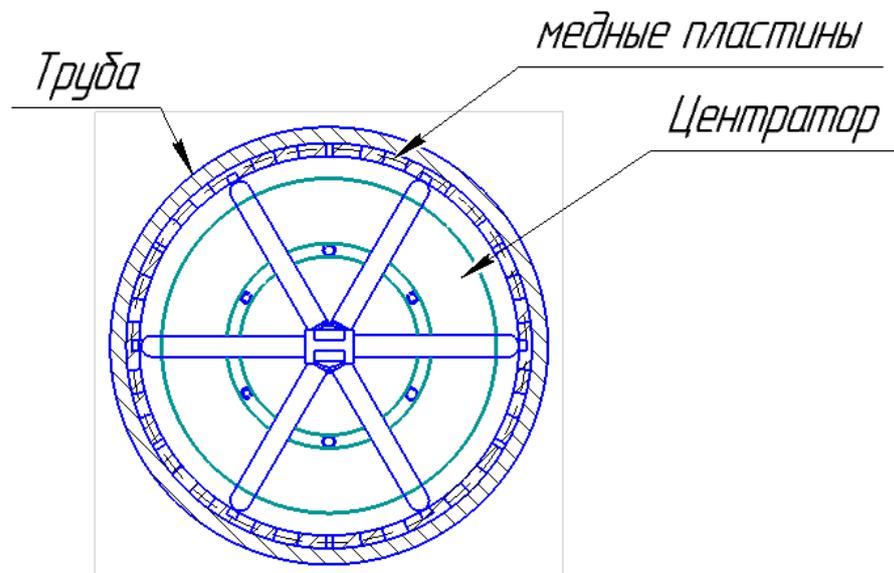


Рисунок 2.3 – Центратор внутренний

Далее производится установка направляющего пояса и сварочных головок на трубу. Направляющий пояс закрепляется механически на трубе с точной ориентацией по стыку с помощью специального инвентарного шаблона, который входит в состав комплекса, для сокращения времени настройки сварочной головки. [15]. Допускается не параллельность стыка и пояса 1мм. После монтажа направляющего пояса на него устанавливаются две сварочные головки ГАСТ-1 «Альфа».



Рисунок 2.4 – Головка сварочная УАСТ-1 «Альфа»

Для защиты оборудования и места сварного соединения от воздействия окружающей среды накрывается палаткой с помощью передвижного агрегата.



Рисунок 2.5 – Сварочный агрегат

2.3 Предварительный подогрев

Непосредственно перед процессом сварки необходимо произвести подогрев кромок труб до температуры 150°C с отклонением $+50^{\circ}\text{C}$; Подогрев осуществляется с помощью индукционного нагревателя типа ППЧ50-10. Индукторы серии НИГ устанавливаются с обеих сторон от стыка на расстоянии 200мм. «Нагрев трубы диаметром 1420 мм, толщиной до 27,8 мм, от 1 индуктора НИГ, от 0°C до 100°C занимает не более 3 минут 30 секунд.» [16]. Контроль температуры производится с помощью пульта дистанционного управления с термопарой, входящих в состав устройства либо пирометром. Также подогрев осуществляется при вынужденной остановке процесса сварки.

2.4 Сварка стыка

Между процессом подогрева и сварки корневого шва не должно пройти больше 5 минут, чтобы не допустить остывание подогретых зон. Сварка корневого шва производится сварочными головками УАСТ-1 «Альфа» на

медной подкладке, расположенной на центраторе между жимками. Источник питания ДС400.33УКП за счет режима управляемого каплепереноса позволяет значительно снизить разбрызгивание при сварке, при этом обеспечивает хорошее проплавление. Источник питания позволяет работать с использованием падающей вольтамперной характеристики.

Сварка производится в смеси газов Ar/CO_2 (80/20) проволокой Св08Г2С диаметром 1,2мм. После сварки корневого шва, центратор по команде оператора разжимает трубу и перемещается по трубопроводу для сборки следующего стыка. Далее выполняется сварка заполняющих швов в количестве 3 штук.

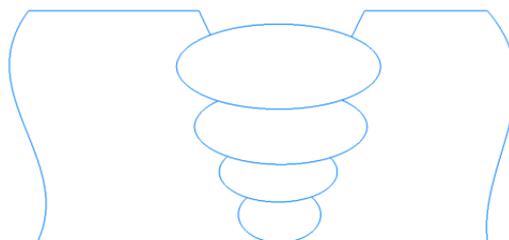


Рисунок 2.6 Сварка заполняющих швов

После трех проходов выполняется сварка облицовочного шва. Сварка проводится на том же оборудовании, с теми же материалами, что и заполняющие швы.

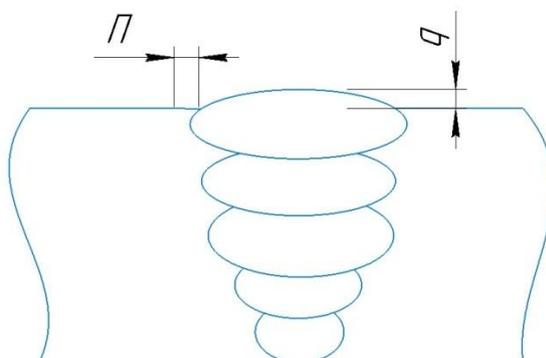


Рисунок 2.7 – Сварка облицовочного шва

Таблица 2.1 – Параметры сварки

| Параметры режима | Слои | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Корневой | Заполняющие | Облицовочный |
| Направление | На спуск | На спуск | На спуск |
| Диаметр проволоки | 1.2мм | 1.2мм | 1.2мм |
| Подача проволоки м/мин | 12 м/мин | 12 м/мин | 12 м/мин |
| Ток, полярность | =; обратная | =; обратная | =; обратная |
| Сила тока | 250-270 А | 210-240 А | 190-210 А |
| Напряжение дуги | 22-25 В | 20-23 В | 20-22 В |
| Вылет проволоки | 12-15 мм | 10-15 мм | 8-12 мм |
| Скорость сварки | 35 м/ч | 30 м/ч | 20 м/ч |
| Защитный газ | Ar/CO ₂ (80/20) | Ar/CO ₂ (80/20) | Ar/CO ₂ (80/20) |
| Расход газа | 20-25 л/мин | 15-25 л/мин | 15-25 л/мин |
| Размах колебаний | До 1мм | 3,5-5мм | 9-10мм |

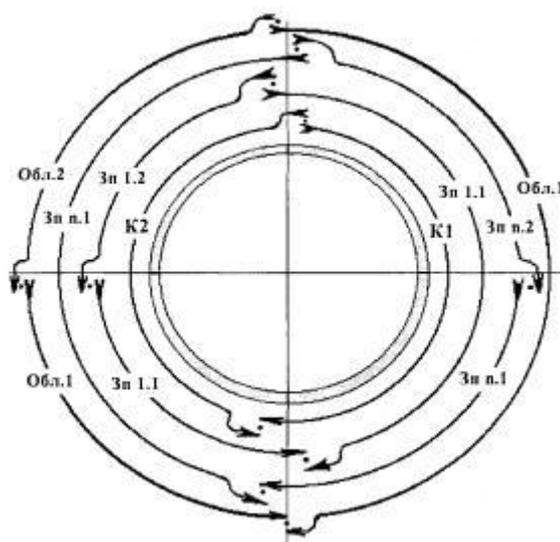


Рисунок 2.8 – Схема автоматической сварки

2.5 Контроль сварного соединения

После процесса сварки необходимо демонтировать сварочные головки. Произвести контроль выполненного сварного соединения. На первом этапе проводится 100% визуально измерительный контроль с помощью лупы с семикратным увеличением и УШС-3. Перекрытие облицовочным швом основного металла должно быть 1,5-2,5 мм в каждую сторону, а высота валика не более 3мм и не менее 1мм. [21], [22]. Если усиление больше, чем необходимо – производится шлифовка до требуемой величины, сохраняя форму шва. На поверхности недопустимо наличие дефектов, таких как поры, трещины непровары и т.д.

Для обнаружения возможных дефектов скрытых от глаз человека осуществляется 100% ультразвуковой контроль в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86. Преимуществами применения УЗК перед радиографическим контролем является лучшее выявление плоских дефектов (трещин, непроваров), безопасность для здоровья рабочих, высокая скорость контроля. [17].



Рисунок 2.9 – Проведение ультразвукового контроля

Необходимо подготовить трубу к проведению контроля. Поверхность, по которой перемещают преобразователь, не должна иметь вмятин и

неровностей, также необходимо удалить брызги металла, шлак и прочие загрязнения.

На поверхность трубы устанавливается установка автоматизированного ультразвукового контроля «УМКа». Поверхность покрывается контактной смазкой. Перемещаясь по стыку, ультразвуковой дефектоскоп выдает картинку с показаниями, а дефектоскопист выявляет наличие дефектов. Признаком выявления дефекта является импульс на экране.

Таблица 2.2 Допустимые дефекты

| Тип дефекта | Допустимые размеры дефекта | | |
|--------------------|----------------------------|----------------------|--------------|
| | Глубина | Ширина | Длина на 300 |
| Поры | Не более 5% участка | | |
| Шлаковые включения | 0,1S | 2S, но не более 30мм | 30мм |
| Непровары | 0,1S, но не более 1мм | 2S, но не более 30мм | 30мм |
| Трещины | Не допускаются | | |

«Годным по результатам УЗК считают сварное соединение при отсутствии в нем:

- а) непротяженных дефектов, если их суммарная условная протяженность в шве больше $1/6$ периметра этого шва;
- б) цепочек и скоплений, если их суммарная протяженность, более 30 мм на любые 300 мм шва;
- в) протяженных дефектов в сечении шва, если их суммарная условная протяженность превышает 50 мм на любые 300 мм шва;
- г) протяженных дефектов в корне шва более $1/6$ периметра шва.

Недопустимым является наличие любых трещин, площадь пор не более 5% участка $S*50$ мм, где S – толщина стенки трубы. Максимальный диаметр поры не должен превышать $0,25S$ и не более 3мм.» [18].

В случае обнаружения недопустимого дефекта, он вырезается и переваривается, а затем стык повторно подвергается УЗК.

3 Выбор оборудования и оснастки

Для выполнения автоматической сварки в среде защитных газов неповоротных стыков требуется специализированное оборудование. Подобное оборудование бывает как отечественного, так и зарубежного производства.

В силу сложившейся экономической ситуации, учитывая цены на оборудование иностранных производителей, было принято решение использовать сварочное оборудование УАСТ-1 производства ООО «Технотрон» г. Чебоксары. Анализ показал, что данная система ничем не уступает зарубежным аналогам в техническом плане. «ООО «Технотрон» разрабатывает и производит сварочное оборудование инверторного типа для нефтегазовой промышленности, машиностроительных предприятий и прочих отраслей промышленности. Оборудование аттестовано для работы на объектах Газпром и Транснефть.» [23].

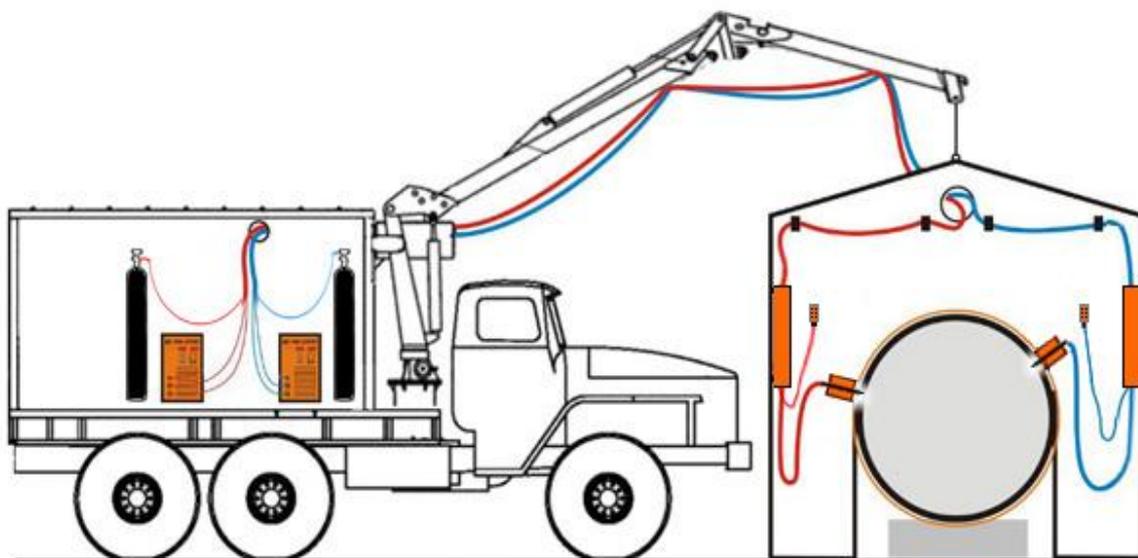


Рисунок 3.1 - Схема сварочной установки

В состав комплекса входят:

- Центратор внутренний гидравлический самоходный ЦВРС-142
- Установка для индукционного подогрева стыка ППЧ50-10
- Головки автоматической сварки УАСТ-1 «Альфа»

- Источники питания ДС400.33УКП
- Агрегат самоходный МКСТ-34 на базе Morooka MWT-7000ARC
- Палатка защитная

3.1 Центратор внутренний гидравлический самоходный ЦВРС-142



Рисунок 3.2 – Центратор ЦВРС142

Центратор ЦВРС142 предназначен для центровки неповоротных стыков труб диаметром 1420мм. Данное устройство позволяет не только зафиксировать трубы для сварки, но и благодаря равномерному поджатию трубы, позволяет сохранять правильное круглое сечение труб, избежать овальности и неровностей, коробления металла под влиянием температуры сварочной дуги. Управление осуществляется с помощью электропривода. Центратор автономно перемещается от одного стыка к другому на расстояние до 30м со скоростью до 0,8 м/с, за счет энергии запасенной во время сварки. Питание гидропривода осуществляется внешним блоком питания.

3.2 Установка индукционного подогрева ППЧ50-10

«Установка ППЧ50-10 предназначена для сопутствующего и предварительного подогрева труб диаметром от 57 до 1420мм и толщиной до 50мм. Позволяет осуществлять нагрев вплоть до 300°С. Установка

оснащается компактным источником питания мощностью 50кВт. Гибким индуктором, изготовленным в виде матов, покрытых кевларом для большей прочности и износостойкости. Для возможности контроля температуры нагрева изделия присутствует термopара.» [16].



Рисунок 3.3 – Установка индукционного подогрева

3.3 Установка сварочная УАСТ-1 «Альфа»

Установка УАСТ-1 «Альфа» служит для автоматической сварки неповоротных стыков труб, как в цеху, так и в полевых условиях при температуре от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Минимальный диаметр трубы – 219мм, максимальный диаметр не ограничен. Также может использоваться для сварки прямолинейных швов в любом пространственном положении.

Преимуществами установки являются компактность и малый вес, возможность сварки всех проходов, в том числе и корневого шва полностью в автоматическом режиме. Установка обладает производительностью наплавки в 2-3 раза большей, чем при ручной дуговой сварке. Также УАСТ-1 «Альфа» регистрирует параметры сварочного процесса для последующей распечатки либо сохранения на USB-носитель.

Установка УАСТ-1 «Альфа» состоит из сварочной головки ГАСТ-1 «Альфа», блока управления с блоком подающего механизма УАСТ «Альфа», пульта дистанционного управления ДУ УАСТ, направляющего пояса и сварочной палатки.

3.3.1 Сварочная головка ГАСТ-1 «Альфа»



Рисунок 3.4 – Сварочная головка

В составе сварочной головки присутствуют привод перемещения по направляющему поясу, зажим крепления головки на направляющем поясе. С их помощью головка фиксируется на трубе и перемещается в процессе сварки. Также присутствует привод вертикального перемещения горелки, поперечных колебаний горелки и механизм изменения угла наклона горелки и непосредственно сварочная горелка с газовым или жидкостным охлаждением. Эти механизмы позволяют в автоматическом режиме по заданной программе изменять расположение горелки относительно стыка.

3.3.2 Блок управления с блоком подачи проволоки



Рисунок 3.5 - Блок управления с блоком подачи проволоки

Данные устройства предназначены для управления газовым клапаном, приводами сварочной головки, подачей сварочной проволоки. С помощью блока управления можно скорректировать сварочную программу, а также увидеть информацию о процессе сварки.

3.3.3 Пульт управления



Рисунок 3.6 - Пульт дистанционного управления

Пульт дистанционного управления УАСТ предназначен для перемещения сварочной головки по команде сварщика, для управления

механизмом подачи проволоки и механизмом колебания горелки, а также позволяет регулировать величину сварочного напряжения.

3.3.4 Направляющий пояс



Рисунок 3.7 – Направляющие пояса

Направляющий пояс фиксирует сварочную головку на поверхности трубы и позволяет ей перемещаться по окружности. Изготавливается из нержавеющей стали, чтобы повысить долговечность приспособления при работе неблагоприятных климатических условиях. Пояс не является универсальным, поэтому для каждого диаметра трубы применяется пояс своего размера. В данной работе – 1420мм. Ввиду малого веса сварочной головки сварочный пояс можно устанавливать как на изоляцию, так и на тело трубы. Также в комплекте установки присутствует шаблон для установки пояса на трубу.

3.4 Источник питания ДС400.33УКП

ДС400.33УКП – источник питания, разработанный фирмой Lincoln, может использоваться для механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов, а также самозащитными порошковыми проволоками.



Рисунок 3.8 – Источник питания DC400.33УКП

Одним из достоинств данного источника питания является технология управляемого каплепереноса. Благодаря микропроцессору и обратным связям данный аппарат имеет возможность управлять скоростью подачи проволоки и сварочным током, изменяет параметры сварочной дуги более 1000 раз в секунду. Это позволяет получить гарантированное проплавление металла и обратный валик, при этом исключив вероятность прожога. Позволяет снизить требования по точности подготовки кромок. Помимо этого, значительно снижается разбрызгивание металла. Весь расплавленный металл проволоки попадает шов, а это ведет к снижению расхода сварочных материалов. К тому же этот источник питания может работать от стационарной сети и от дизель-генератора, что является немаловажным фактором при выборе оборудования для работы в полевых условиях.

Источник питания позволяет выбрать для работы одну из предустановленных программ сварки, а также имеется возможность загрузки собственной программы при необходимости.



Рисунок 3.9 – Панель управления ДС400.33УКП

3.5 Агрегат самоходный

«Самоходный агрегат МКСТ состоит из шасси Morooka MWT-7000ARC, крана-манипулятора Fassi F85B.0.22 и изотермического контейнера с дизель-генератора.» [23]. Тракторное шасси оснащено резинометаллическими гусеницами, которые обеспечивают хорошую проходимость в различных погодных условиях. Управление производится с помощью рычагов. «В движение агрегат приводится двигателем производства Mitsubishi - 6D16-TLE2B и гидростатической трансмиссией. В изотермическом контейнере располагается дизель-генераторная станция Coelmo FDT45TM3-12-ne с номинальной мощностью 100кВт.» [23]. Там же располагаются источники питания ДС400, а также предусмотрено место для крепления газовых баллонов. Также возможна установка индукционных подогревателей, компрессоров высокого давления и прочего необходимого оборудования.

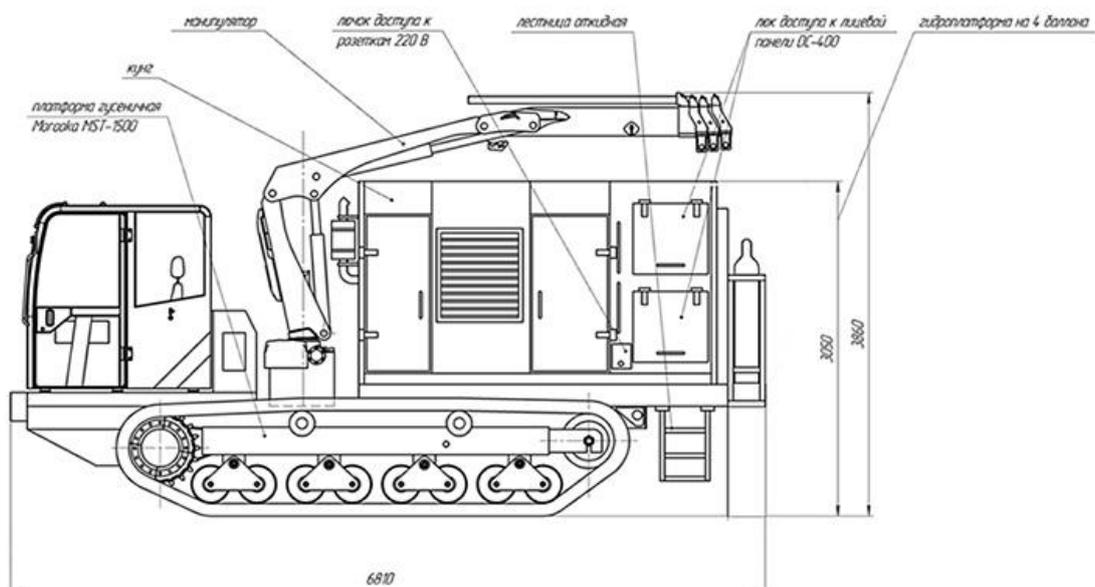


Рисунок 3.10 - Агрегат сварочный

3.6 Установка автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК)



Рисунок 3.11 – Установка УЗК на трубе

Установка АУЗК «УМКа» серии «Сканер» служит для проведения автоматизированного УЗК сварных швов, а также основного металла магистральных трубопроводов. Работы могут проводиться как в цеху, так и в полевых условиях. Установка позволяет обнаруживать недопустимые дефекты в стыке согласно требованиям: СТО ГАЗПРОМ 2-2.4-083-2006, РД

19.100.00-КТН-001-10, API-5L и др. [19], [20]. Скорость сканирования до 1,8 м/мин. При контроле оценивается характер, а также параметры дефектов.

В состав установки входит – многоканальный дефектоскоп серии «СКАНЕР» — модель «СКАРУЧ+», быстросъемный бондаж диаметром 1420мм, акустический блок щелевого контакта АБ1Щ, емкость для контактной жидкости с насосом и шлангом.

Установка обладает малым весом и габаритами, проста в использовании, быстро монтируется на трубу, может работать при отрицательных температурах, при этом не наносит вреда здоровью рабочих. Поэтому установка УЗК будет хорошим выбором для проведения такого вида работ.

4 Безопасность и экологичность проекта

4.1 Планировка участка

Сварка трубопровода производится поточно-расчлененным методом в полевых условиях. Участок сварки магистрального трубопровода выглядит согласно схеме на рис. 4.1.

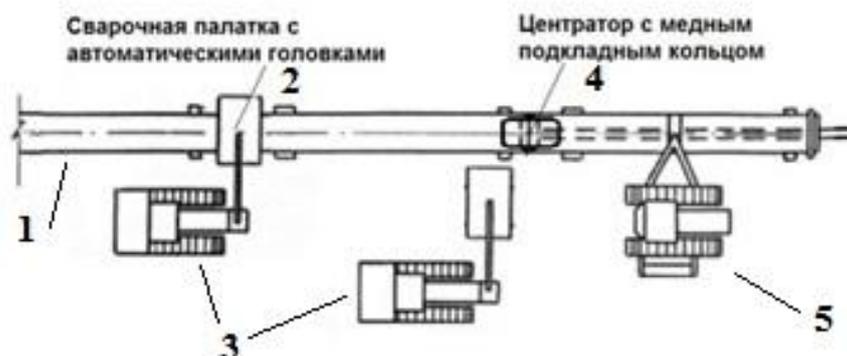


Рисунок 4.1 – Схема сварочного участка

На схеме показаны следующие элементы

1. Труба
2. Палатка со сварочными головками
3. Сварочный агрегат
4. Центратор гидравлический
5. Трубоукладчик

Комплекс в работе показан на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Комплекс в работе

4.2 Технологический процесс

Технологический процесс, представленный в выпускной квалификационной работе, выглядит следующим образом. Трубы проверяются на соответствие сертификату, производится очистка от загрязнений и зачистка кромок труб. Затем производится укладка труб и установка центратора. На собранный стык устанавливается направляющий пояс и сварочные головки, производится предварительный подогрев кромок. Далее производится односторонняя автоматическая сварка стыка в среде смеси газов Ar/CO₂ (80/20). После сварки производится 100% визуальный измерительный контроль и автоматизированный ультразвуковой контроль стыков.

4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы сопутствующие процессу сварки магистрального трубопровода могут привести к травмам, либо оказывать пагубное влияние на здоровье рабочих. В процессе сварки трубопровода могут присутствовать следующие факторы – высокое напряжение, высокая температура, наличие газов, движущиеся детали, острые кромки и т.д.

Подробнее опасные и вредные факторы рассмотрим на примере следующих технологических операций:

- Зачистка
- Сборка
- Сварка

Анализ опасных и вредных факторов на производстве приведен в таблице 4.1

Таблица 4.1 Анализ опасных и вредных факторов

| № п/п | Операции | Источник опасности | Факторы |
|-------|-------------------------------|--|---|
| 1 | Зачистка поверхности | Труба диаметром 1420мм Шлифовальная машинка | Острые кромки, заусенцы, искры от шлифовальной машинки |
| 2 | Сборка трубопровода, фиксация | Трубоукладчик Центратор ЦВРС142 | Движущиеся механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия |
| 3 | Сварка стыков | Сварочные головки ГАСТ-1 «Альфа» Источник питания ДС400.33УКП Баллоны с газовой смесью Ar/CO ₂ (80/20) | Высокая температура поверхностей, высокое напряжение, повышенное инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, брызги расплавленного металла, высокая концентрация газов, пыли и сварочных аэрозолей |

4.4 Мероприятия по уменьшению влияния

Анализ методов снижения влияния опасных факторов проведем в таблице 4.2

Таблица 4.2

| № п/п | Операции | Факторы | Мероприятия |
|----------|-------------------------------------|--|--|
| 1 | Зачистка поверхности | Острые кромки, заусенцы, искры от шлифовальной машинки | Инструктаж, спецодежда, перчатки, защитные очки |
| 2 | Сборка трубопровода, фиксация | Движущиеся механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия | Инструктаж, предупреждающие надписи и таблички, ограждения |
| 3 | Сварка стыков | 1) Высокая температура поверхностей 2) Высокое напряжение 3) Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение 4) Брызги расплавленного металла 5) Высокая концентрация газов, пыли и сварочных аэрозолей | 1) Спецодежда, перчатки 2) Заземление, изоляция 3) Маска сварщика, спецодежда 4) Спецодежда 5) Вентиляция, респираторы |

Также необходимо проведение регулярных инструктажей по технике безопасности на объекте. Основные рекомендации и требования отражены в типовой инструкции по охране труда монтажника наружных трубопроводов ТИ РО-040-2003, а также в СНиП III-A.11-62. [24],[25].

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы были выявлены вредные и опасные факторы, присутствующие на производстве, которые могут нести опасность жизни и здоровью рабочих.

Выполнен анализ возможности устранения опасных факторов или снижения их влияния. В результате были выбраны мероприятия, которые помогут повысить безопасность при монтаже магистрального трубопровода.

Благодаря данным мероприятиям, при условии соблюдения рабочими правил техники безопасности и технологического процесса, можно исключить риск получения травм. Поэтому для данного объекта не требуется разработка специальных средств индивидуальной и коллективной защиты.

5 Экономическая эффективность проекта

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности процесса сварки магистрального трубопровода диаметром 1420мм. Также необходимо улучшить экономическую эффективность проекта.

В базовом варианте сборка трубопровода производится ручной дуговой сваркой. В проектном варианте сварка производится автоматически в среде защитных газов. Такой способ сварки поможет повысить производительность процесса, снизить трудозатраты. Экономическую выгоду можно получить за счет меньшей заработной платы из-за меньшего разряда рабочих, за счет экономии сварочных материалов.

Расчеты выполняются по операциям на один стык.

5.1 Исходные данные

Сравнительная характеристика базового и проектного метода представлена в таблице 5.1

Таблица 5.1 Сравнение вариантов сварки

| | |
|---|---|
| Сборка производится с помощью ручной дуговой сварки. Этот способ не отличается высокой производительностью. Также присутствует большой объем отходов – огарков электродов. Большое влияние на процесс сварки оказывает человеческий фактор, поэтому для получения качественного соединения требуются высококвалифицированные сварщики высокого разряда. | Процесс осуществляется с помощью автоматической сварки в среде защитных газов. Скорость сварки больше, чем в базовом варианте. От сварщика не требуется высокая квалификация. Затраты материала намного ниже за счет применения специальной разделки и источника питания с УКП. |
|---|---|

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 Исходные данные

| № пп | Наименование показателей | Ед. изм. | Базовый вариант | Проектный вариант |
|------|-------------------------------------|----------|-----------------|-------------------|
| 1. | Годовая программа выпуска | Шт. | 2000 | 2000 |
| 2. | Цена изделия | Руб. | 60000 | 60000 |
| 3. | Цена сварочных материалов | Руб/кг | | |
| 3.1. | Электроды | Руб/кг | 130 | |
| 3.2. | Сварочная проволока Св08Г2С | Руб/кг | | 150 |
| 4. | Разряд рабочих | | | |
| 4.1. | Слесарь-трубоукладчик | | 4 | 4 |
| 4.2. | Электросварщик | | 5 | 3 |
| 5. | Часовая тарифная ставка | Руб/час | | |
| 6.1. | Слесарь-трубоукладчик | | 40 | 40 |
| 6.2. | Электросварщик | Руб/час | 70 | 50 |
| 7. | Цена оборудования | Руб/шт | | |
| 7.1. | Центратор внутренний гидравлический | | | 600000 |
| 7.2. | Центратор звеньевой ЦЗН-1420 | | 13000 | |
| 7.4. | Сварочный выпрямитель ВД-306-М1 | | 47000 | |
| 7.5. | Сварочная установка УАСТ | | | 1500000 |
| 7.6. | Агрегат сварочный | | 200000 | 1700000 |
| 8. | Режим работы | час | 8 | 8 |
| 11. | Коэффициент отчислений на соцстрах | % | 36 | 36 |
| 12. | Доплата к основной заработной плате | | 1,82 | 1,82 |
| 13. | Стоимость электроэнергии | Руб/кВтч | 3,5 | 3,5 |

5.2 Расчет нормы штучного времени

«Время штучное

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (5.1)$$

где $t_{маш}$ – машинное время;

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп}=10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания оборудования и рабочего места, $t_{обсл} = 8\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ - время подготовительно-заключительное, $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.» [26].

Нормы машинного времени определим из карт технологического процесса.

Базовый вариант

$$t_{шт} = 180(\text{мин})$$

Проектный вариант

$$t_{шт} = 20(\text{мин})$$

Рассчитанные нормы штучного времени отражены в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Расчет нормы штучного времени

| Вариант | $t_{маш}$ | $t_{всп}$ | $t_{обсл}$ | $t_{отл}$ | $t_{п-з}$ | $t_{шт}$ |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|
| Базовый | 180 | 18 | 14,4 | 9 | 1,8 | 223,2 |
| Проектный | 20 | 2 | 1,6 | 1 | 0,2 | 24,8 |

5.3 Капитальные вложения в оборудование

Базовый вариант

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} = 208000 + 0 = 208000 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} = 1672000 + 0 = 1672000 \text{ руб.}$$

«где: $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

Базовый вариант

$$K_{пр} = \sum Ц_{об} \cdot k_з = 260000 \cdot 0,8 = 208000 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$K_{пр} = \sum Ц_{об} \cdot k_з = 3800000 \cdot 0,44 = 1672000 \text{ руб.}$$

где $\sum Ц_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.

$k_з$ – коэффициент загрузки оборудования.» [26].

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

Базовый вариант

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} = \frac{2000 \cdot 223,2}{1857 \cdot 60} = 4,006$$

Проектный вариант

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} = \frac{2000 \cdot 24,8}{1857 \cdot 60} = 0,44$$

«Эффективный фонд времени работы сварочного оборудования рассчитан по формуле:» [26].

Базовый и проектный варианты

$$\begin{aligned} \Phi_{эф.} &= (D_{к.} - D_{вых.} - D_{пр.}) \cdot T_{см.} \cdot S \cdot (1 - k_{р.п.}) = \\ &= (65 - 104 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (-0,06) = 1857 \text{ час} \end{aligned}$$

« $D_{к.}$ – количество календарных дней в году;

$D_{вых.}$ – количество выходных дней в году;

$D_{пр.}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{см.}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$k_{р.п.}$ - потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку
(0,06).» [26].

Для выполнения принятой N_{np} принимаем целое число единиц
оборудования ($n_{об.прин.}$)

Базовый вариант

$$n_{об.прин.} \approx 5$$

Проектный вариант

$$n_{об.прин.} \approx 1$$

«Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по
формуле:» [26].

Базовый вариант

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн.}}{n_{об.прин.}} = \frac{4,006}{5} = 0,8;$$

Проектный вариант

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн.}}{n_{об.прин.}} = \frac{0,44}{1} = 0,44$$

«Сопутствующие капитальные вложения не рассчитываем, так как
сварка производится в полевых условиях и затрат на демонтаж и монтаж
оборудования не требуется.

Удельные капитальные вложения в оборудование
(капитальные вложения на единицу изделия)» [26].

Базовый вариант

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{np}} = \frac{208000}{2000} = 104 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} = \frac{1672000}{2000} = 836 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

Затраты на материалы

«Здесь затраты на материал суммируются из затрат на основной материал и материал вспомогательный.» [26].

Базовый вариант

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп} = 60000 + 2106 = 62106 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп} = 60000 + 377,979 = 60377,979 \text{ руб.}$$

Затраты на основной материал

В базовом и проектном варианте затраты на основной материал одинаковы. $ЗМ_{осн} = 60000$ руб

«Затраты на вспомогательные (сварочные) материалы

К вспомогательным материалам при процессах сварки относятся плавящиеся электроды, сварочная проволока, защитные газы и т.п.

Для ручной дуговой сварки (базовый вариант) затраты на сварочные материалы складываются из затрат на электроды:» [26].

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{эл.(пр)} = 2106 \text{ руб.};$$

где $ЗМ_{эл(пр)}$ – затраты на электроды для сварки, руб.

«Для автоматической сварки в среде защитного газа (проектный вариант) затраты на сварочные материалы складываются из затрат на сварочную проволоку и защитный газ:» [26].

$$ЗМ_{св} = ЗМ_{св.пров} + З_{з.г} = 357 + 20,979 = 377,979 \text{ руб.};$$

где $ЗМ_{св.пров}$ – затраты на сварочную проволоку, руб.;

$З_{з.г.}$ - затраты на защитный газ, руб.

Рассчитаем затраты на электроды и сварочную проволоку:

Базовый вариант

$$ЗМ_{эл.(пр)} = H_{эл.(пр)} \cdot Ц_{эл.(пр)} = 16,2 \cdot 130 = 2106 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$ЗМ_{эл.(пр)} = H_{эл.(пр)} \cdot Ц_{эл.(пр)} = 2,385 \cdot 150 = 357 \text{ руб}$$

«где: $H_{эл.(пр)}$ – норма расхода электродов или проволоки на одно изделие, кг $Ц_{эл.(пр)}$ – цена электродов или проволоки, руб. за 1кг.» [26].

Норму расхода электрода (проволоки) рассчитаем по формуле:

Базовый вариант

$$H_{эл.(пр)} = U \cdot L_{шв(в)} = 3,6 \cdot 4,5 = 16,2 \text{ кг};$$

Проектный вариант

$$H_{эл.(пр)} = U \cdot L_{шв(в)} = 0,53 \cdot 4,5 = 2,385 \text{ кг};$$

«где: U – удельная норма расхода сварочных материалов по длине шва (кг/м);

$L_{шв(в)}$ – длина сварного шва (наплавляемого валика) на изделии, м.

Удельную норму расхода сварочных материалов определим по следующей формуле:» [26].

Базовый вариант

$$U = k_p \cdot M_{напл.мет} = 1,7 \cdot 2,121 = 3,6 \text{ кг / м};$$

Проектный вариант

$$U = k_p \cdot M_{напл.мет} = 1,15 \cdot 0,468 = 0,53 \text{ кг / м};$$

«где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, учитывающий потери электродного металла при сварке и наплавке (для ручной дуговой сварки = 1,7; для автоматической = 1,15)» [26].

$M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла, кг/м.

Массу наплавленного металла определим по формуле:

Базовый вариант

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3} = 7,8 \cdot 272 \cdot 10^{-3} = 2,121 \text{ кг/м},$$

Проектный вариант

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3} = 0,468 \text{ кг/м}.$$

где F_n – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм²;

ρ – наплавленного металла, г/см³ (для низкоуглеродистых сталей $\rho = 7,8$ г/см³).

Площадь поперечного сечения определим по формуле:

Базовый вариант

$$F_n = 28 + 28 + 28 + 36 + 36 + 36 + 40 + 40 = 272 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 7 \cdot 4 = 28$$

$$F_2 = 7 \cdot 4 = 28$$

$$F_3 = 7 \cdot 4 = 28$$

$$F_4 = 9 \cdot 4 = 36$$

$$F_5 = 9 \cdot 4 = 36$$

$$F_6 = 9 \cdot 4 = 36$$

$$F_7 = 10 \cdot 4 = 40$$

$$F_8 = 10 \cdot 4 = 40$$

Проектный вариант

$$F_n = 9,6 + 12 + 12 + 12 + 14,4 = 60 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 8 \cdot 1,2 = 9,6$$

$$F_2 = 10 \cdot 1,2 = 12$$

$$F_3 = 10 \cdot 1,2 = 12$$

$$F_4 = 10 \cdot 1,2 = 12$$

$$F_5 = 12 \cdot 1,2 = 14,4$$

Теперь определим затраты на защитный газ (для проектного варианта) по формуле:

$$Z_{3.2} = H_{3.2} \cdot C_{3.2} = 299,7 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 20,979 \text{ руб.}$$

где $H_{3.2}$ – норма расхода защитного газа, литр/мин; $C_{3.2}$ – цена защитного газа, руб./литр.

Норму расхода защитных газов рассчитаем по формуле:

$$H_{3.2} = V_{3.2} \cdot L_{ш(в)} = 66,6 \cdot 4,5 = 299,7 \text{ л}$$

где $V_{3.2}$ – удельная норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва;

«Удельную норму расхода защитного газа на 1 погонный метр сварного или наплавляемого шва определим по формуле:

$$V_{3.2} = q_{3.2} \cdot t_{01} = 15 \cdot 4,44 = 66,6 \text{ л/м}$$

где $q_{3.2}$ – норма расхода защитного газа при сварке в зависимости от вида сварки, литр/мин, (15) [5];

t_{01} – основное (машинное) время сварки 1 погонного метра шва, (мин).

Основное время сварки 1 погонного метра шва рассчитаем по формуле:

Базовый вариант

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш(в)}} = \frac{180}{4,5} = 40 \text{ мин/м};$$

Проектный вариант

$$t_{01} = \frac{t_0}{L_{ш(в)}} = \frac{20}{4,5} = 4,44 \text{ мин/м};$$

где t_0 – основное время сварки (рассчитано в пункте 2.2).

$U_{дон}$ – дополнительный расход газа на продувку газовых коммуникаций перед сваркой, защиту электрода и остывающего металла после сварки и настройку режимов, литр/мин.» [26].

$$U_{дон.} = t_{\delta}^n \cdot q_{3.2} = 0,05 \cdot 15 = 0,75 \text{ л}$$

где t_{δ}^n – вспомогательное время, необходимое для продувки шлангов, мин,

(при сварке плавящимся электродом $t_{\delta}^n = 0,05$ мин.).

Затраты на электроэнергию

Базовый вариант

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta} \cdot C_{\text{э-э}} = \frac{5,4 \cdot 3}{0,75} \cdot 3,5 = 75,6 \text{ руб.},$$

Проектный вариант

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta} \cdot C_{\text{э-э}} = \frac{7,5 \cdot 0,33}{0,85} \cdot 3,5 = 10,19 \text{ руб.};$$

«где $P_{об} = I_{св} \cdot U_{\delta}$ – полезная мощность оборудования кВт;

t_o – основное (машинное) время работы сварочного оборудования;

η – коэффициент полезного действия оборудования;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А; U_{δ} – напряжение на дуге, В.

$C_{\text{э-э}}$ - Цена 1 кВт • ч электроэнергии (3,5 руб)» [26].

Рассчитаем полезную мощность:

Базовый вариант

$$P_{об} = I_{св} \cdot U_{\delta} = 180 \cdot 30 = 5400 \text{ Вт} = 5,4 \text{ кВт},$$

Проектный вариант

$$P_{об} = I_{св} \cdot U_{\delta} = 300 \cdot 25 = 7500 \text{ Вт} = 7,5 \text{ кВт}.$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

Базовый вариант

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} = 9,75 + 3,92 = 13,67 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} = 15,22 + 315,13 = 330,35 \text{ руб}$$

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

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.

Затраты на амортизацию оборудования определим по формуле:

Базовый вариант

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * Na_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} = \frac{260000 \cdot 18 \cdot 223,2}{1857 \cdot 60 \cdot 100} = 9,75 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * Na_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} = \frac{3800000 \cdot 18 \cdot 24,8}{1857 \cdot 60 \cdot 100} = 15,22 \text{ руб.};$$

где: $Ц_{об}$ – цена используемого сварочного оборудования, руб.;

$Na_{об}$ – норма амортизационных отчислений на оборудование, 18%

Затраты на текущий ремонт определим по формуле:

Базовый вариант

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_з}{\Phi_{эф} * 100} = \frac{260000 \cdot 35 \cdot 0,8}{1857 \cdot 100} = 3,92 \text{ руб.}$$

Проектный вариант

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_з}{\Phi_{эф} * 100} = \frac{3800000 \cdot 35 \cdot 0,44}{1857 \cdot 100} = 315,13 \text{ руб.}$$

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

Затраты на содержание производственных площадей отсутствуют.

Затраты на заработную плату

Фонд заработной платы рассчитывается следующим образом:

Базовый вариант

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} = 744,744 + 74,474 = 819,218 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} = 67,158 + 6,715 = 73,873 \text{ руб.};$$

Основная заработная плата основных производственных рабочих

Основная заработная плата основных производственных рабочих определяется по формуле:

Слесарь трубоукладчик

Базовый вариант

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} * t_{шт} * k_{зпл} = 40 * 3,72 * 1,82 = 270,816 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} * t_{шт} * k_{зпл} = 40 * 0,41 * 1,82 = 29,848 \text{ руб.};$$

Сварщик

Базовый вариант

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} * t_{шт} * k_{зпл} = 70 * 3,72 * 1,82 = 473,928 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$ЗПЛ_{осн} = C_{ч} * t_{шт} * k_{зпл} = 50 * 0,41 * 1,82 = 37,31 \text{ руб.};$$

Заработная плата основная общая

Базовый вариант

$$ЗПЛ_{осн} = 270,816 + 473,928 = 744,744$$

Проектный вариант

$$ЗПЛ_{осн} = 29,848 + 37,31 = 67,158$$

где: $C_{ч}$ – часовая тарифная ставка, руб./час

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

В данном случае, $t_{шт}$. берем в часах, а не в минутах, так как часовая ставка тоже в указана в часах

$k_{зпл}$ определим по формуле:

$$k_{зпл} = k_{пр} * k_{вн} * k_{у} * k_{пф} * k_{н} = 10,25 * 1,1 * 1,1 * 1,067 * 1,133 = 1,82$$

«где $k_{np} = 1,25$ – коэффициент премирования; $k_{ен} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм; $k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда; $k_{нф} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство; $k_H = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.» [26].

Расчет дополнительной заработной платы

Базовый вариант

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} = \frac{10}{100} \cdot 744,744 = 74,474 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} = \frac{10}{100} \cdot 67,158 = 6,715 \text{ руб.};$$

«где k_{∂} – коэффициент соотношения между основной и дополнительной заработной платой, принят в %, в данном случае составляет 10%.» [26].

Расчет отчислений на социальные нужды

Базовый вариант

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot ФЗП}{100} = \frac{30 \cdot 819,218}{100} = 245,76 \text{ руб.};$$

Проектный вариант

$$O_{с.н.} = \frac{H_{соц} \cdot ФЗП}{100} = \frac{30 \cdot 73,873}{100} = 22,16 \text{ руб.};$$

где $H_{соц}$ – норма отчислений на социальные нужды = 30%

Технологическая себестоимость изделия

Базовый вариант

$$\begin{aligned} C_{\text{тех}} &= ЗМ + З_{э.э.} + З_{об} + З_{\text{площ}} + ФЗП + O_{сн} = \\ &= 2106 + 75,6 + 13,67 + 0 + 819,218 + 245,76 = 3260,24 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

Проектный вариант

$$\begin{aligned} C_{\text{тех}} &= ЗМ + З_{э.э.} + З_{об} + З_{\text{площ}} + ФЗП + O_{сн} = \\ &= 377,979 + 10,19 + 330,35 + 0 + 73,873 + 22,16 = 814,55 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

Цеховая себестоимость

Базовый вариант

$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}$, где $P_{\text{цех}}$ — сумма цеховых расходов;

$$P_{\text{цех}} = 3\Pi_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} = 744,744 \cdot 2,5 = 1861,86(\text{руб});$$

$$C_{\text{цех}} = 3260,24 + 1861,86 = 5122,1(\text{руб});$$

Проектный вариант

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}$$

$$P_{\text{цех}} = 3\Pi_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} = 67,158 \cdot 2,5 = 167,89(\text{руб})$$

$$C_{\text{цех}} = 814,55 + 167,89 = 982,44(\text{руб}).$$

Заводская себестоимость изделий

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}}.$$

Базовый вариант

$$P_{\text{зав}} = 3\Pi_{\text{осн}} \cdot k_{\text{зав}} = 744,744 \cdot 1,8 = 1340,53(\text{руб});$$

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = 5122,1 + 1340,53 = 6462,63(\text{руб});$$

Проектный вариант

$$P_{\text{зав}} = 3\Pi_{\text{осн}} \cdot k_{\text{зав}} = 67,158 \cdot 1,8 = 120,88(\text{руб})$$

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = 982,44 + 120,88 = 1103,32(\text{руб})$$

Полная себестоимость изделия

$C_{\text{полн}} = C_{\text{зав}} + P_{\text{вн}}$, где $P_{\text{вн}}$ — сумма внепроизводственных расходов.

Базовый вариант

$$P_{\text{вн}} = C_{\text{зав}} \cdot k_{\text{вн}} = 6462,63 \cdot 0,2 = 1292,52(\text{руб});$$

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{зав}} + P_{\text{вн}} = 6462,63 + 1292,52 = 7755,15(\text{руб});$$

Проектный вариант

$$P_{\text{вн}} = C_{\text{зав}} \cdot k_{\text{вн}} = 1103,32 \cdot 0,2 = 220,66(\text{руб});$$

$$C_{\text{полн}} = C_{\text{зав}} + P_{\text{вн}} = 1103,32 + 220,66 = 1323,98(\text{руб});$$

Тогда снижение себестоимости составит:

$$\Delta C = ((C_{\text{полн}}^{\text{баз}} - C_{\text{полн}}^{\text{пр}}) / C_{\text{полн}}^{\text{баз}}) \cdot 100\% =$$

$$= ((7755,15 - 1323,98) / 7755,15) \cdot 100\% = 82,92\%.$$

Расчет себестоимости изделия

результаты расчетов себестоимости приведены в таблице 5.4

Таблица 5.4 Расчет себестоимости сварки стыка

| № пп | Статьи затрат | Базовый Вариант,(руб) | Проектный вариант,(руб) |
|---------|--|--------------------------|----------------------------|
| 1 | Материалы основные | 60000 | 60000 |
| 2 | Материалы вспомогательные | 2106 | 377,97 |
| 3 | Технологическая энергия | 75,6 | 10,19 |
| 4 | Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования | 13,67 | 330,35 |
| 5 | Затраты на содержание Производственных площадей | - | - |
| 6 | Основная заработная плата | 744,74 | 67,158 |
| 7 | Дополнительная заработная плата | 74,47 | 6,71 |
| 8 | Отчисления на социальные нужды | 245,76 | 22,16 |
| 9 | Технологическая себестоимость | 3260,24 | 814,55 |
| 10 | Цеховая себестоимость | 5122,1 | 982,44 |
| 11 | Заводская себестоимость | 6462,63 | 1103,32 |
| 12 | Полная себестоимость | 7755,15 | 1323,98 |

5.5 Расчёт экономической эффективности

«Условно-годовая экономия от снижения себестоимости изготовления изделия (ожидаемая прибыль).» [26].

$$Э_{у.г.} = П_{приб.ож.} = (C_{полн}^{баз} - C_{полн}^{пр}) N_{пр} = (7755,15 - 1323,98) \cdot 2000 = 12862340(\text{руб}).$$

Налог на прибыль

$$H_{\text{приб}} = P_{\text{приб.ож}} \cdot K_{\text{налог}} = 12862340 \cdot 0,32 = 4115948,8 \text{ (руб.)}$$

Чистая прибыль

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{приб.ож}} - H_{\text{приб}} = 12862340 - 4115948,8 = 8746391,2 \text{ (руб)}$$

«Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемого техпроцесса» [26].

$$\begin{aligned} \Delta_{\Gamma} = & [(C_{\text{полн}}^{\text{баз}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{баз}}) - (C_{\text{полн}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_{\text{пр}} = [(7755,15 + 0,33 \cdot 104) \\ & - (1323,98 + 0,33 \cdot 836)] \cdot 2000 = 12379220 \text{ (руб)}. \end{aligned}$$

«Срок окупаемости капитальных вложений.» [26].

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{общ}}^{\text{пр}} / P_{\text{чист}} = 1672000 / 8746391,2 = 0,19 \text{ года. Принимаем } \text{---} 0,5 \text{ года.}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1 / T_{\text{ок}} = 1 / 0,19 = 5,26$$

5.6 Расчет производительности труда.

Снижение трудоёмкости изготовления изделия.

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт}}^{\text{баз}} - t_{\text{шт}}^{\text{пр}}) / t_{\text{шт}}^{\text{баз}} \cdot 100\% = (223,2 - 24,8) / 223,2 \cdot 100\% = 88\%.$$

Повышение производительности труда

$$\Delta P_{\Gamma} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) = 8800 / 12 = 733,3 \%. [22].$$

Заключение по разделу

«Благодаря применению автоматической сварки в среде защитных газов вместо ручной дуговой сварки удалось достичь хороших результатов в плане производительности и экономической эффективности.» [26].

«По сравнению с базовым вариантом в проектом варианте:

Себестоимость изделия снизилась на 82,92%;

Трудоёмкость изготовления снизилась на 88%;

Производительность труда повысилась на 733,3%;

Годовой экономический эффект от внедрения в технологический процесс более производительного оборудования составил 12379220 руб.

Инвестиции в оборудование окупятся за 0,5 года.» [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен анализ конструкции магистрального трубопровода и возможных

способов сварки, в том числе и рекомендованных в РД. В результате анализа было выявлено, что применение механизированной или автоматической сварки для трубопровода диаметром 1420мм позволяет значительно повысить производительность работы, снизить трудоемкость, а также влияние вредных факторов на здоровье сварщика.

В работе рекомендован способ автоматической сварки в среде защитных газов.

Разработан технологический процесс, а также подобрано специализированное высокопроизводительное оборудование, позволяющие добиться снижения трудоемкости изготовления на 88%, себестоимости изделия на 82,92%. Производительность труда повысилась на 733,3%. Годовой экономический эффект составит 12379220 руб. Цель проекта достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 31 с.
2. ТУ 1381-012-05757848-2005 «Трубы стальные электросварные прямошовные наружным диаметром 508-1420 мм для магистральных трубопроводов на рабочее давление до 9,8 МПа. Технические условия» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/
3. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (с Изменениями N 1-6) М.: Стандартиформ, 2012. 17 с.
4. Felber S. Welding of the high Grade Pipeline-Steel X80 and Description of Different Pipeline-Projects / Welding in the world, 5/2008, pp19-41.
5. Felber S. Mechanical-Technological and Fracture Mechanical Properties of the high Grade Pipeline-Steel X80 with Results of Different Pipeline-Projects / Welding in the world, 5/2008, pp42-50.
6. Сталь марки 09Г2С: характеристики, применение [Электронный ресурс] URL: <https://spb-stal.ru/stati/stal-marki-09g2s-kharakteristiki-primeneniye/> (Дата обращения 01.04.2018)
7. Грезев А.Н. Тридцать лет по пути лазерных термических технологий [Электронный ресурс] / Институт проблем лазерных и информационных технологий: науч.-произв. журн. С.1-16. - Режим доступа: <http://www.laser.ru/> (Дата обращения 23.12.2017)
8. Япп Дэвид, Конг Чанг-Джинг (Кренфилд, Великобритания) Гибридная лазерно-дуговая сварка трубопроводов [Электронный ресурс] / Сварка и резка: науч.-произв. журн. – 2009. - №2. – С.19-23. – Режим доступа: <http://www.svarkainfo.ru/>- (дата обращения 23.12.2017).
9. Yapp, D., Denney, P., Eastman, J. and Johnson, M., "Nd:YAG laser welding of high strength pipeline steels", In: Pipeline Welding and Technology. Oct.1999.

Publ: Columbus, OH 43221-3585, USA; Edison Welding Institute; 1999. Session 5. Paper 5.

10. Yapp D., Blackman S., Recent Developments in High Productivity Pipeline Welding, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 89 /97, Mar 2004.

11. Овчинников В.В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов М.: КНОРУС, 2013. – 304с.

12. ВСН 006-89 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Сварка. // Консультант плюс: справочно-правовая система.

13. Сварка порошковой проволокой: недостатки и преимущества [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://goodsvarka.ru/> (дата обращения 10.04.2018)

14. Мустафин Ф.М. и др. Современные технологии сварки трубопроводов – СПб.: Недра, 2010. 509 с.

15. Гецкин О.Б., Вышемирский Е.М., Шипилов А.В., Полосков С.И. Опыт разработки и применения современных отечественных технологий и оборудования для автоматической орбитальной сварки магистральных газопроводов / Газовая промышленность: науч.-произв. журн. – 2010. - №6. – С.50-56.

16. Установка ППЧ50-10 для предварительного нагрева сварных соединений [Электронный ресурс] / Катран: сайт завода изготовителя. Режим доступа: <http://katran.pro/company/news/2017> (дата обращения 10.04.2018)

17. Контроль трубопроводов: сравнение радиографического, радиационного и автоматизированного ультразвуковых методов контроля. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.avek.ru/info/> (дата обращения 10.04.2018)

18. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Часть II. // Консультант плюс: справочно-правовая система.

19. API 5L Seamless & welded pipe [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.amerpipe.com/steel-pipe-products/api-5l-pipe-specifications/>
20. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. // Консультант плюс: справочно-правовая система.
21. СТО Газпром 2-2.2-115-2007 Инструкция по сварке магистральных газопроводов с рабочим давлением до 9,8 МПа включительно. // Консультант плюс: справочно-правовая система.
22. СТО Газпром 2-2.2-136-2007 «Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. Часть 1». // Консультант плюс: справочно-правовая система.
23. Завод сварочного оборудования «ТехноТрон» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://техноТрон.рф/ru/about/> (дата обращения 23.03.2018)
24. СНиП III-A.11-62 Техника безопасности в строительстве. // Консультант плюс: справочно-правовая система.
25. ТИ РО-040-2003 Типовая инструкция по охране труда для монтажника наружных трубопроводов. // Консультант плюс: справочно-правовая система.
26. Краснопевцева И.В. Методические указания для расчета экономической части дипломного проекта. Тольятти: ТГУ, 2002, — 19с.