

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные 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 Укрупнение трубных секций при ремонте магистральных трубопроводов

|              |                      |                  |
|--------------|----------------------|------------------|
| Студент      | <u>Д.А. Фокин</u>    | _____            |
|              | (И.О. Фамилия)       | (личная подпись) |
| Руководитель | <u>А.Л. Федоров</u>  | _____            |
|              | (И.О. Фамилия)       | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>А.Г. Егоров</u>   | _____            |
|              | (И.О. Фамилия)       | (личная подпись) |
|              | <u>О.М. Сярова</u>   | _____            |
|              | (И.О. Фамилия)       | (личная подпись) |
|              | <u>П.А. Корчагин</u> | _____            |
|              | (И.О. Фамилия)       | (личная подпись) |

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение производительности труда и качества при ремонтной сварке стыков магистральных трубопроводов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: выбран способ механизации и автоматизации процесса сварки, разработан типовой технологический процесс сварки стыков магистральных трубопроводов автоматической сваркой под слоем флюса подобраны режимы сварки; подобрано оборудование, необходимое для реализации разработанной технологии; предусмотрены мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала; произведена оценка экономической эффективности предложенных мероприятий.

Пояснительная записка содержит 78 стр., 25 рисунков, 8 таблиц.

Проанализированы базовая технология сварки стыков магистральных трубопроводов при замене дефектных участков плетьюми, требования к производственному персоналу, оборудованию, контролю качества. Для устранения недостатков базовой технологии предложено механизировать процесс сварки стыков путем использования автоматической сварки под слоем флюса в стационарных условиях. Выбрана проволока, подобраны режимы сварки и разработан типовой технологический процесс. Подобрано оборудование для реализации разработанной технологии и скомпоновано на производственном участке. Для защиты производственного персонала, участвующего в сварке, от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Проведено экономическое обоснование проекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 5  |
| 1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....                               | 8  |
| 1.1 Требования к трубам для магистральных трубопроводов.....                                 | 8  |
| 1.2 Оценка свариваемости материала трубопровода. ....  | 9  |
| 1.3 Описание применяемого технологического процесса ремонтной сварки.<br>.....               | 12 |
| 1.4 Обоснование выбора способа сварки.....   | 20 |
| 1.4 Задачи работы.....   | 26 |
| 2 Разработка проектного технологического процесса ремонтной<br>сварки .....                  | 27 |
| 3 Применяемое оборудование и оснастка .....  | 45 |
| 4 Безопасность и экологичность технического объекта. ....                                    | 48 |
| 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.<br>.....              | 48 |
| 4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб. ....                                       | 49 |
| 4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия<br>профессиональных рисков .....         | 49 |
| 4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....                                | 50 |
| 4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого<br>технического объекта.....    | 52 |
| 4.6 Выводы по разделу.....   | 53 |
| 5 Экономическая эффективность проекта.....   | 54 |
| 5.1 Исходные данные для экономического обоснования .....                                     | 54 |
| сравниваемых вариантов .....   | 54 |
| 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции<br>технологического процесса..... | 56 |
| 5.3 Расчет затрат на новое оборудование .....  | 57 |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.4 Определение себестоимости сварки по базовому и проектному вариантам .....                 | 60        |
| 5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений..... | 68        |
| 5.6 Выводы по разделу.....  | 69        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>   | <b>71</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>  | <b>72</b> |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Анализ функционирования единой системы газоснабжения России показывает, что в настоящее время ежегодный объем ремонтно-восстановительных работ на трассах газопроводов должен составлять порядка 2,0 тыс.км. По мере увеличения сроков эксплуатации газопроводов и, соответственно, их старения объемы капитального ремонта неуклонно возрастают. При этом свыше 54,5% от общего объема работ приходится на капитальный ремонт с полной заменой труб.

Удельные затраты на капитальный ремонт линейной части магистральных газопроводов за последние 25 лет выросли в 7-10 раз. Это вызвано не столько изменением структуры ремонтно-восстановительных работ или технического состояния ремонтируемых участков, сколько конъюнктурной выгодностью строительства лупингов по сравнению с проведением ремонта участка газопровода путем частичной или полной его переизоляции с выборочной заменой отбракованных труб. Учитывая сложные природно-климатические условия эксплуатации газопроводов диаметром 1220-1420 мм, транспортирующих газ от месторождений Западной Сибири в промышленные центры России и Европы, прогнозируемые объемы капитального ремонта магистралей и соответствующие им материальные затраты к 2010 году значительно возрастут.

Помимо магистральных газопроводов значительные объемы ремонта требуют, также, магистральные нефтепроводы. Согласно Программы технического перевооружения, капитального ремонта и развития объектов магистральных нефтепроводов ОАО АК «Транснефть» на период 2011-2017 г.г. была выполнена замена трубопроводов общей протяженностью 7000 км.

Исследования и всесторонний анализ таких показателей как дефектность и аварийность линейной части магистральных трубопроводов указывают на необходимость повышения уровня эксплуатационной надежности трубопроводов путем широкого применения современных

методов и средств диагностики технического состояния газопроводов для повышения эффективности и качества ремонтно-восстановительных работ, а также внедрение и разработка новых технологий ремонта магистральных трубопроводов.

Критерием технического обоснования вывода трубопровода в ремонт являются данные о его техническом состоянии, полученные путем проведения диагностического обследования и контроля коррозионного и напряженно-деформированного состояния труб. Передовым методом здесь является применение приборов внутритрубной диагностики, перемещающихся внутри трубы вместе с перекачиваемым продуктом и сохраняющим информацию о состоянии стенок труб на бортовом накопителе информации. При этом определяющими являются критерии, характеризующие состояние металла и изоляционного покрытия труб, от которых в свою очередь зависит остаточный ресурс и срок эксплуатации трубопровода в целом.

Большие резервы в повышении эффективности ремонтно-восстановительных работ скрыты в разработке прогрессивных методов и средств, позволяющих выполнять ремонт магистральных газопроводов с улучшением качества работ и уменьшением затрат на ремонт.

С помощью различных методов контроля выявляются различные дефекты в сварных швах газопроводов, при толщине основного металла от 2 до 20мм. Например, такие как подрезы, продольные микротрещины, непровары и скопление шлаковых включений и газовых пор, а также различные дефекты на теле трубы: царапины, каверны, вмятины, гофры, трещины и расслоения.

После проведения диагностического обследования и контроля коррозионного и напряженно-деформированного состояния трубы по результатам проведенных расчетов определяется состояние трубопровода и характер требуемого ремонта, а также определяются участки трубопроводов, выводимые в ремонт.

Следует отметить, что для повышения надежности эксплуатации магистральных трубопроводов, снижение уровня их аварийности, уменьшение материальных затрат на производство ремонтно-восстановительных работ необходимо совершенствовать систему ремонта магистралей, начиная от вывода участка трубопровода в ремонт и кончая пуском продукта по отремонтированному участку.

При этом одним из основных путей совершенствования такой системы является разработка и внедрение технологий производства ремонтных работ на действующих трубопроводах с использованием сварки и соответствующего оборудования.

Сегодня примерно 60% от всего объема свариваемых труб в полевых условиях, сваривают ручной дуговой сваркой.

Этот вид сварки имеет низкую производительность, а объемы ремонта и строительства магистральных трубопроводов, как было сказано выше, с каждым годом возрастают. Следовательно, требуется разработка и внедрение новых технологий, нового оборудования и оснастки для сборки и сварки труб в полевых условиях с применением вида сварки позволяющего увеличить объемы свариваемых труб.

Цель настоящей работы – повышение производительности труда и качества при ремонтной сварке магистральных трубопроводов.

# **1 Анализ исходных данных и известных технических решений**

## **1.1 Требования к трубам для магистральных трубопроводов**

Трубы для строительства магистральных трубопроводов изготавливаются из стали и должны отвечать требованиям СНиП45-75; ГОСТ или техническим условиям.

Рассмотрим вариант ремонта газопровода диаметром 1420 мм. На предприятии для строительства и ремонта газопроводов диаметром 1420 мм применяется труба из низколегированной стали марки 17Г1С-У, дисперсионного упрочнения трубы сварные спиральношовного и прямошовного исполнения. При этом размер давления, при котором эксплуатируется газопровод находится в пределах от 300 до 650 МПа (30-65 КГС/см<sup>2</sup>).

Поставляемые трубы должны отвечать следующим требованиям:

- 1). Трубы должны иметь сварное соединение, равнопрочное основному металлу.
- 2). Отклонение от номинальных размеров наружных диаметров торцов сварных труб на длине 200 мм не должно превышать  $\pm 2$ мм.
- 3). Кривизна труб не должна превышать 1,5мм. на один метр длины.
- 4). Длина труб спиральношовных равна 12 метрам, с продольным швом 10,5 метров.
- 5). На металле труб не допускается наличие трещин, плен, расслоений, рванин и закатов.
- 6). Усиление наружного шва должно быть в пределах 0,5-3,5мм при толщине стенки более 10мм. Усиление внутреннего шва не менее 0,5мм.
- 7). Концы труб должны быть обрезаны под прямым углом и иметь разделку кромок под сварку.
- 8). Концы труб длиной 200 мм, диаметром свыше 1020мм, должны проходить дополнительный рентгеновский контроль.



Трубы поставляемые по ТУ14-3-602-77 делятся по прочности на пять групп:

Таблица 1.1 – Группы прочности труб

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

Применяемая труба относится к четвертой группе прочности.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 17Г1С-У по ТУ 14-3-602-77.

|  |   |
|--|---|
| Временное сопротивление разрыву                              | $\sigma_{вр}=57\text{кгс/мм}^2$                               |
| Предел текучести   | $\sigma_{т}= 40\text{кгс/мм}^2$                               |
| Относительное удлинение                                      | $\delta(\%)=19$   |
| Ударная вязкость   | $D_n \text{ кгс}\cdot\text{м/см}^2 = 4,0(-40^\circ \text{C})$ |
| Гарантированное заводом испытательное давление готовой трубы | кгс/см <sup>2</sup> 85,6                                      |
| Вид поставки   | Спиральношовные, прямошовные термоупрочненные трубы           |

Таблица 1.3 - Химический состав стали 17Г1С-У по ТУ14-3-602-77 (%).

|              |                |
|--------------|----------------|
| Углерод      | 0,15-0,20      |
| Марганец (Г) | 1,15-1,55      |
| Кремний (С)  | 0,4-0,6        |
| Хром (Х)     | 0,3            |
| Сера         | Не более 0,02  |
| Фосфор       | Не более 0,025 |

Стали с содержанием углерода до 0,25% относятся к хорошо сваривающимся сталям, сталь марки 17Г1С-У относится к этой группе.

## 1.2 Оценка свариваемости материала трубопровода.

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

Следует отметить, что принципиальный подход в оценке свариваемости совпадает и в отечественных и зарубежных стандартах. Его основу составляет комплексность в подходе, а именно, свариваемость

зависит от множества факторов. Выделяют следующие четыре фактора, от которых зависит свариваемость. Первый фактор – это материал, его химический состав и, соответственно, свойства. Второй фактор – технология сварки. К третьему фактору относят тип сварной конструкции. И четвертый фактор – функциональное назначение конструкции.

Таким образом, заданный материал обладает свариваемостью, если при данном технологическом процессе сварки конструкции удастся получить соединение, которое отвечает техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

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

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

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

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

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

получение соединения, отвечающего заданным условиям эксплуатации. Следовательно, материал свариваемостью обладает.

Для количественной оценки свариваемости производят вычисления по формулам, главным в которых является учет содержания химических элементов. Например, при расчете по соответствующей формуле свариваемости низкоуглеродистой низколегированной стали принимают во внимание содержание в стали таких химических элементов, как С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P. В зависимости от содержания перечисленных элементов выполняется расчет углеродного эквивалента. Формула, по которой можно рассчитать эквивалент углерода для таких сталей выглядит следующим образом [8]:

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

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

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [9]:

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

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

Конечно, приведенные формулы не учитывают всего многообразия действующих на конструкцию факторов и всех нюансов технологического процесса сварки. Поэтому, в ряде случаев, для более точного ответа на вопрос о свариваемости того или иного материала руководствуются результатами сварки т.н. технологических проб. В мировой практике сварщиков можно насчитать около 300 разных технологических проб. В основном пробы позволяют оценить свариваемость по образованию холодных или горячих трещин.

### **1.3 Описание применяемого технологического процесса ремонтной сварки.**

В полевых условиях, для того чтобы начать сборку и сварку труб, выбирают очень ровную площадку, где выкладывают подкладные брусья, но так чтобы высота от уровня земли до стенки трубы была не менее пятидесяти сантиметров, для того чтобы выполнять сварку неповоротных стыков.

После подготовки площадки начинают транспортировку труб к месту сборки и сварки при этом используется кран-трубоукладчик. (Рис. 1.1.).

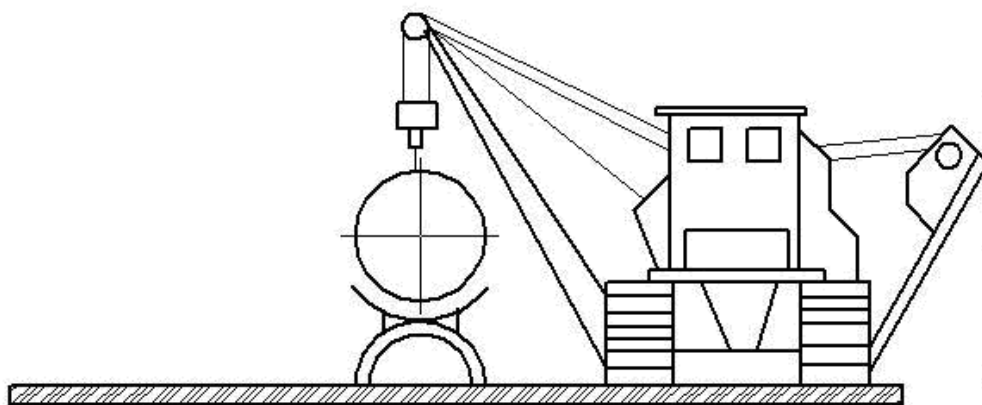


Рисунок 1.1 – Транспортировка труб

Среднюю трубу укладывают и закрепляют, чтобы она не могла сдвинуться или скатиться.

Затем к концам выложенной трубы, двумя трубоукладчиками, подвозят по одной трубе, укладывают на брусья и поддерживая кранами начинают подготовку труб для сборки. Внутреннюю полость труб очищают от снега, земли и других загрязнений. Осматривают поверхность кромки труб на предмет забоин и задиров, при необходимости ремонтируют электродами с основным видом покрытия, затем отремонтированные участки зачищают шлифовальной машинкой. Кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхность шириной не менее 20 мм зачищают до чистого металла, рисунок 1.2.

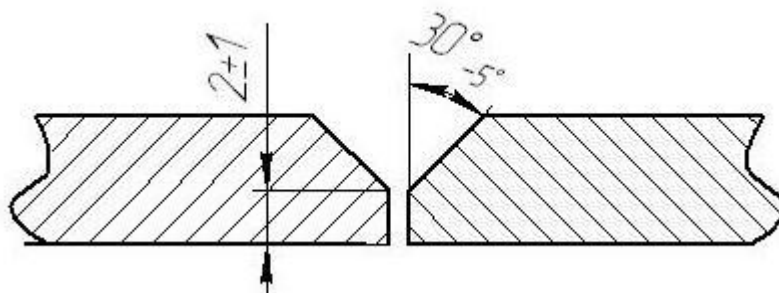


Рисунок 1.2 – Разделка кромок

Просушивают увлажненный стык путем подогрева до 100°C на ширину 150мм, подогревают специальным газопламенным подогревателем. (Рис. 1.3).

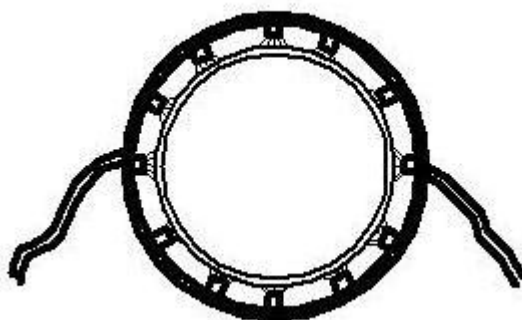


Рисунок 1.3 – Подогрев стыка

После снятия подогревателя на трубу набрасывают наружный звеньевой центратор ЦЗ-141 (количество звеньев 14, вес 92кг, диаметр трубы 1420мм (Рис. 1.4)

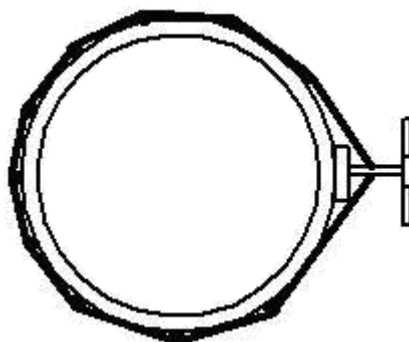


Рисунок 1. 4 – Центратор наружный

начинают сборку стыка труб с использованием крана-трубоукладчика выставляется зазор, путем смещения трубы вдоль своей оси, после чего центратор затягивают фиксируя сборку, и производят прихватки согласно допусчным нормам и технологической карте, к качеству прихваток предъявляются также требования, как и к основному сварному шву.

Таблица 4.

| Диаметр трубы, мм | Ориентировочное количество прихваток (не менее) | Длина прихваток, мм (не менее) |
|-------------------|---|--------------------------------|
| До 426            | 2   | 30-50                          |
| 530-1020          | 3   | 60-100                         |
| 1220-1420         | 4   | 100-200                        |

После этого снимают центратор, зачищают прихватки и производят полную заварку корневого слоя шва, электродами с основным покрытием, рисунок 1.5.

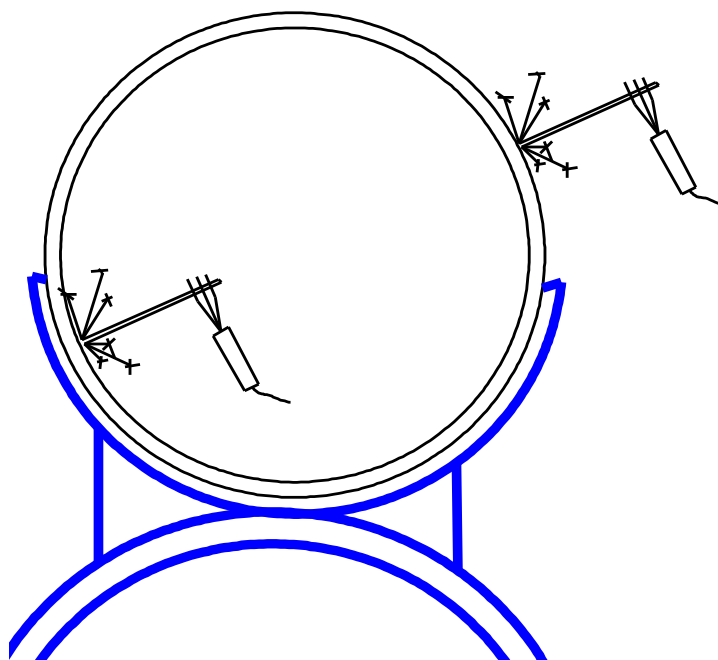


Рисунок 1.5 – Сварка корневого слоя шва

Все это время кран-трубоукладчик поддерживает трубу. После сварки корневого слоя шва под трубу подкладывают дополнительные подкладки, если это требуется, чтобы избежать перелома трубы. После того как кран-трубоукладчик покидает место сборки стыка, выполняют зачистку корневого слоя от шлака и брызг шлифовальной машинкой. (Рис. 1.6).

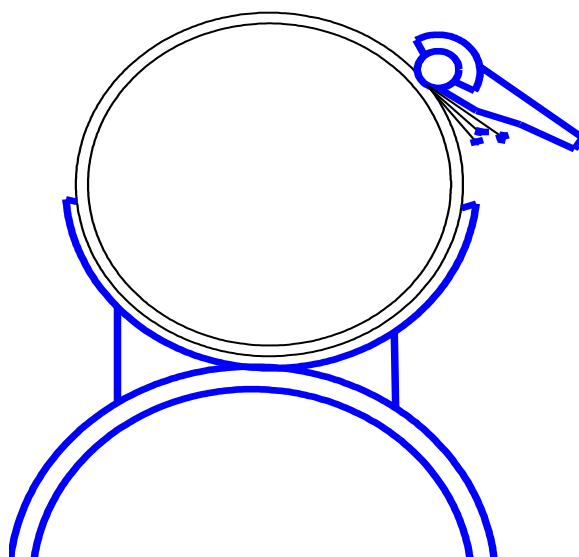


Рисунок 1.6 – Зачистка корневого слоя от шлака и брызг

Подварку корневого слоя шва изнутри выполняют по всему периметру подварочного слоя шва. После чего зачищают от шлака и брызг.

После подварки выполняют сварку заполняющих и облицовочного слоя шва.(Рис. 1.7).

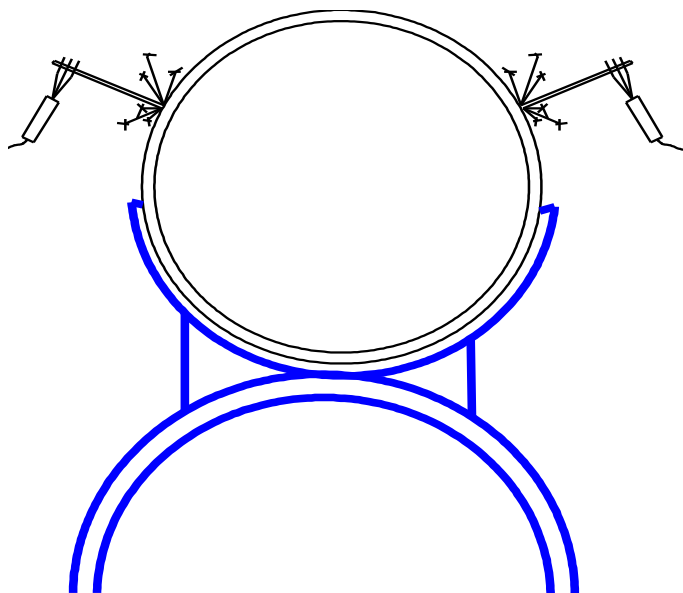


Рисунок 1.7 – Сварка заполняющего и облицовочного слоя

После выполнения сварки каждого слоя производят послойную зачистку швов от шлака и брызг, сварочный шов подвергают визуальному контролю. Сварной шов облицовочного слоя должен перекрывать основной металл в каждую сторону от шва на 2,5-3,5мм и иметь усиление высотой 1-3мм. Чешуйчатость шва должна быть оптимальной 0,3-0,8мм. Допускается колебание чешуйчатости до 2 мм при условии обеспечения регламентированной минимальной толщины усиления шва. (Рис. 1.8).



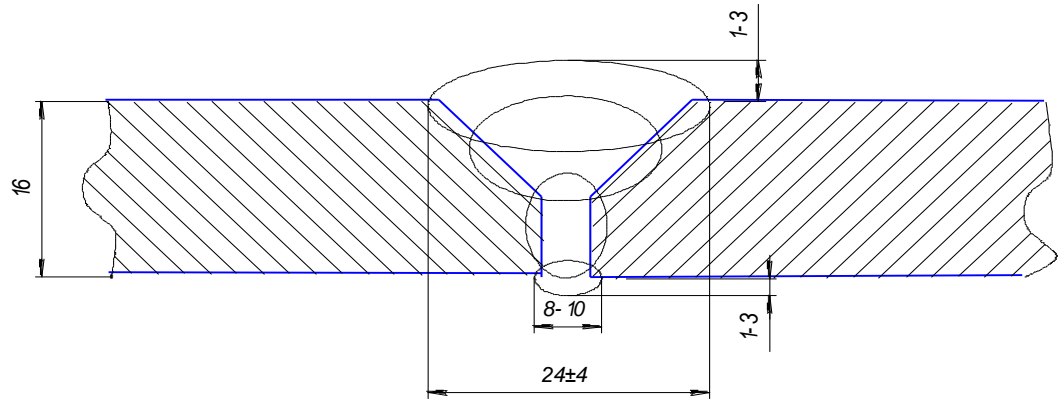


Рисунок 1.8 – Размеры шва

После визуального контроля производят клеймение сварного шва клеймом бригады с указанием номера стыка и номера акта на стыке. (Рис. 1.9).

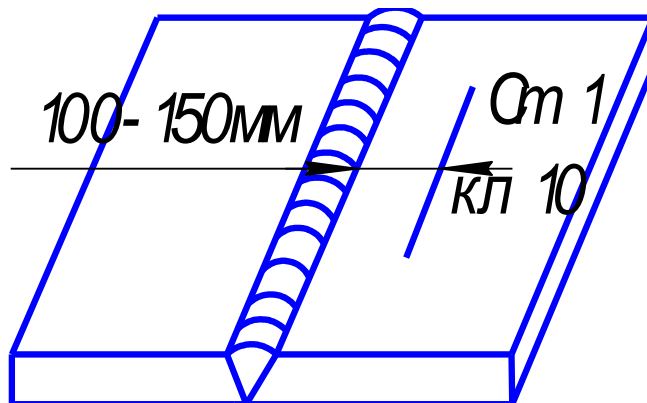


Рисунок 1.9 – Клеймение стыка

Сваренные стыки подвергают гамма-дефектоскопическому контролю. (Рис. 1.10).

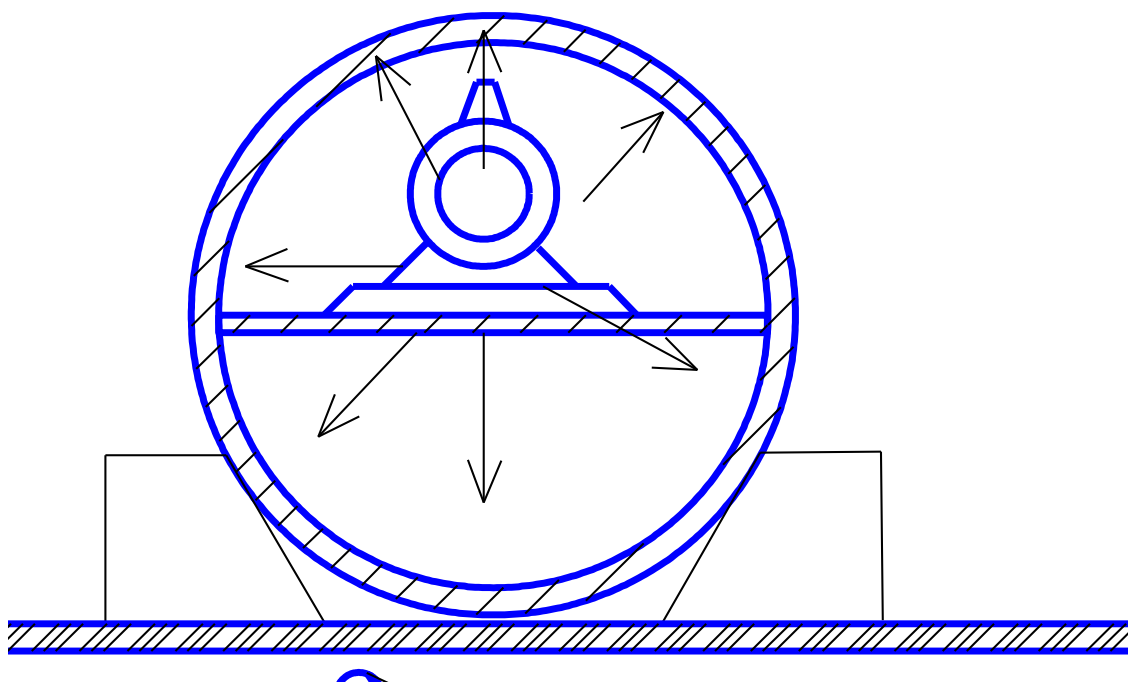


Рисунок 1.10 – Контроль рентгеновскими лучами

Выявление места с недопустимыми дефектами выпиливаются с последующей заваркой теми же электродами, которыми заварен стык. После исправления отремонтированные участки подвергают повторному контролю. Контроль выполняют по окончании рабочей смены. Секции труб прошедшие контроль перевозят на стеллажи готовой продукции. (Рис. 1.11).

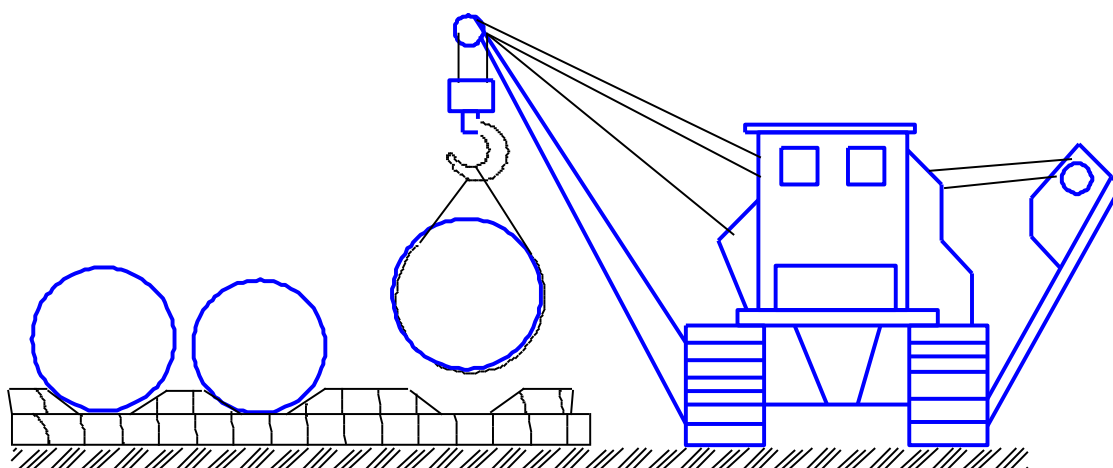


Рисунок 1.11 – Транспортировка труб.

Таблица 1.5 - Состав сборочно-сварочной бригады:

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 1. Бригадир     | 1 чел. |
| 2. Сварщик (6р) | 7 чел. |
| 3. Слесарь (5р) | 4 чел. |

Производительность труда бригады 4 секции труб (8 стыков) в смену (8 часов) при толщине стенки трубы 16,5 мм.

Используемые электроды с основным видом покрытия (ток обратной полярности), таблица 1.6. 1.7.

Таблица 1.6 - Коренной слой и подварочный слой;

| Название и диаметр электрода, мм | Температура прокали, °С |
|----------------------------------|-------------------------|
| ЛБ-52У Ø3,2                      | 250°-300°               |
| ОК 5370 Ø3,0                     | 200°-250°               |

Таблица 1.7 - Заполняющий и облицовочный слой:

| Название и диаметр электрода, мм | Температура прокали, °С |
|----------------------------------|-------------------------|
| Кессель Ø 4                      | 300-350°                |
| Гарант Ø 4                       | 250°-300°               |
| Шварц 3К Ø 4                     | 300-350°                |

Время прокали всех электродов один час.

Сварка каждого слоя ведется способом «на подъем»

Анализируя описание существующего техпроцесса мы видим следующие его недостатки:

1. Низкая производительность труда- применение ручной дуговой сварки.
2. Звеньевой центратор порой не дает желаемого результата сборки, появляется потребность применения других приспособлений.
3. Существуют опасные и вредные факторы процесса сборки и сварки:
  - 3.1. Ненадежное закрепление труб.
  - 3.2. Невентилируемая внутренняя полость трубы во время подварки.
  - 3.3. Зачистку и сварку верхней части трубы приходится выполнять на приставных лестницах.
  - 3.4. Сварку стыка одновременно выполняют три сварщика.

На основании вышеперечисленных недостатков можно сделать вывод, что требуется выбор нового способа сборки и сварки секций труб, чтобы исключить выявление недостатков.

Наиболее выгодным и производительным способом сборки труб, в данное время, является процесс сборки с применением внутренних гидравлических центраторов и специальных стенов для сборки секций труб, поэтому для разработки новой технологии много выбран именно этот способ сборки труб в секции.

От качества сварных соединений зависит эксплуатационная надежность сварных конструкций и трубопроводов в целом, и кроме того, способ и технология определяют трудозатраты и сроки монтажа.

#### 1.4 Обоснование выбора способа сварки.

Выбор способа сварки определяется физико-химическими свойствами свариваемого металла, а также возможностью использования того или иного оборудования, приспособлений и оснастки, а также диаметром свариваемых труб.

Чтобы выбрать способ сварки требуется рассмотреть известные способы с помощью которых возможна сварка труб в полевых условиях. Принимая во внимание, что процесс сборки будет производиться на специальном стенде, то процесс сварки оптимально производить на вращающейся трубе, то есть с применением роликового вращателя, который позволит производить сварку в нижнем положении.

В данное время, при строительстве газопроводов известны и в основном применяются следующие способы сварки труб поворотных и неповоротных стыков это:

1. Ручная дуговая сварка (РДС).
2. Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде  $\text{CO}_2$ .
3. Полуавтоматическая сварка порошковой проволокой.
4. Автоматическая сварка под слоем флюса.

## 5. Контактная сварка.

Чтобы выбрать способ сварки нужно разобрать каждый способ в отдельности, выявить преимущества и недостатки:

Ручная дуговая сварка (РДС) (эскиз из способов сварки – рисунок 1.12).

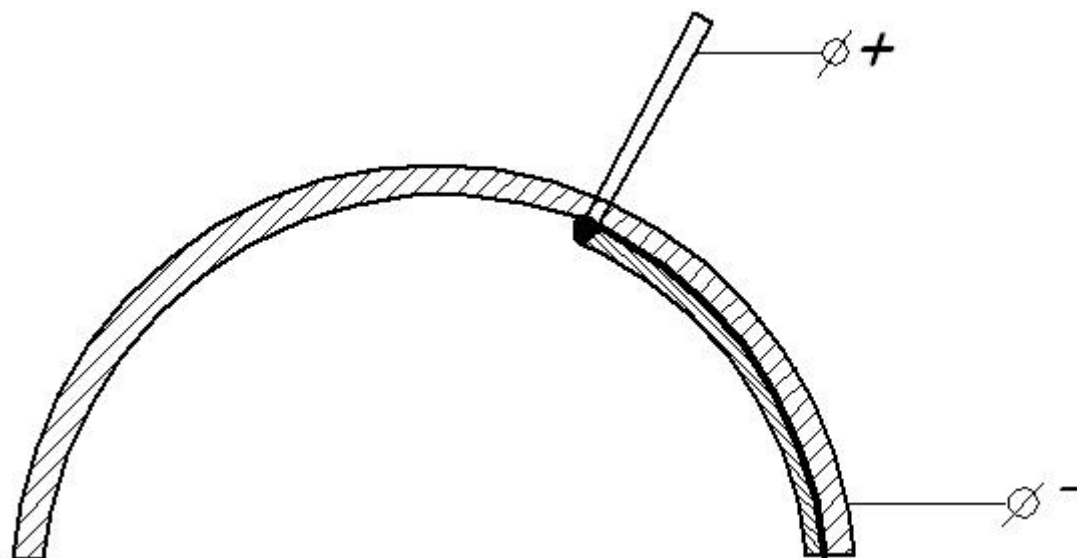


Рисунок 1.12 – Схема ручной дуговой сварки

Преимущества способа:

1. Простота оборудования.
2. Хорошее качество сварного шва отвечающего требованиям.
3. Эффективна для сварки концевого слоя шва, при сборке секций труб.
4. Находит лучшее применение для сварки захлестных стыков и вварке катушек в газопровод.

Недостатки способа:

1. Малопроизводительна.
2. Имеет значительную часть отходов в виде огарков электродов.
3. Не имеет хорошей защиты сварочной ванны от окружающей среды.
4. Имеет значительную токсичность газов от процесса сварки.

Механизированная сварка плавящимся электродом в среде  $\text{CO}_2$ ,  
рисунок 1.13

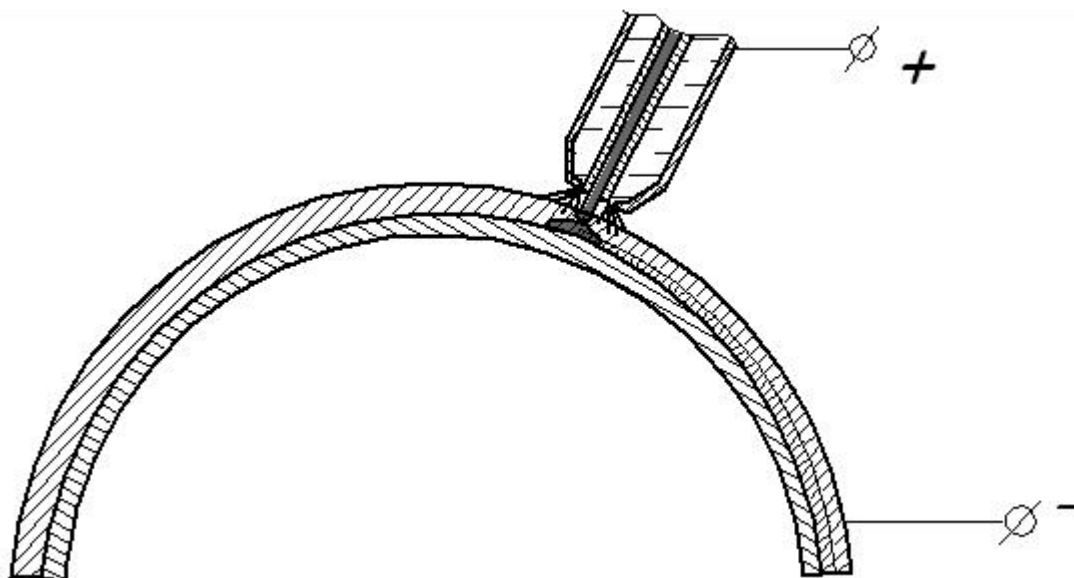


Рисунок 1.13 - Механизированная сварка плавящимся электродом в среде  $\text{CO}_2$

Преимущества способа:

1. Отсутствие отходов присадочного материала.
2. Применима в полевых условиях.
3. Эффективна для сварки корневого слоя шва.
4. Имеет хорошую производительность.
5. Имеет хорошее качество сварки при соблюдении длины вылета электрода.

Недостатки способа:

1. Трудность защиты сварочной ванны на открытых площадках.
2. Разбрызгивание расплавленного металла.
3. Трудность доставки газа.
4. Сложность оборудования.

Механизированная сварка с применением в качестве присадочного материала порошковой проволоки, рисунок 1.14.

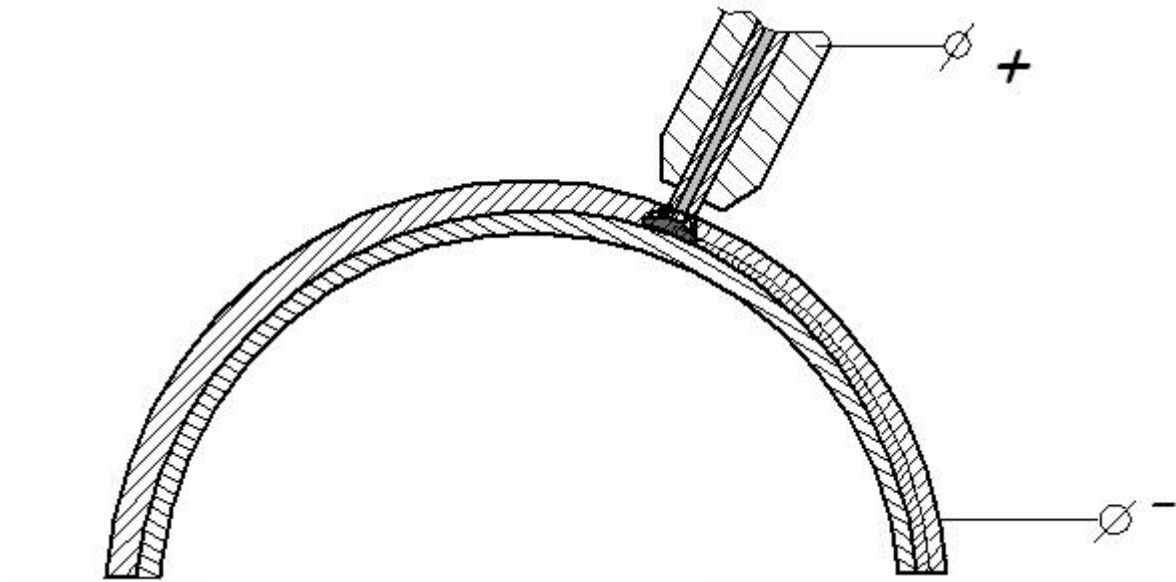


Рисунок 1.14 – Механизированная сарка порошковой проволокой

Преимущества данного способа:

1. Отсутствие отходов.
2. Эффективна для сварки корневого шва способом сверху вниз.
3. Имеет хорошую производительность.
4. Хорошее качество шва.

Недостатки:

1. Неполная защита сварочной ванны от окружающей среды.
2. Разбрызгивание расплавленного металла.
3. Высока стоимость проволоки.
4. Сложность оборудования.

Автоматическая сварка под слоем флюса, рисунок 1.15.

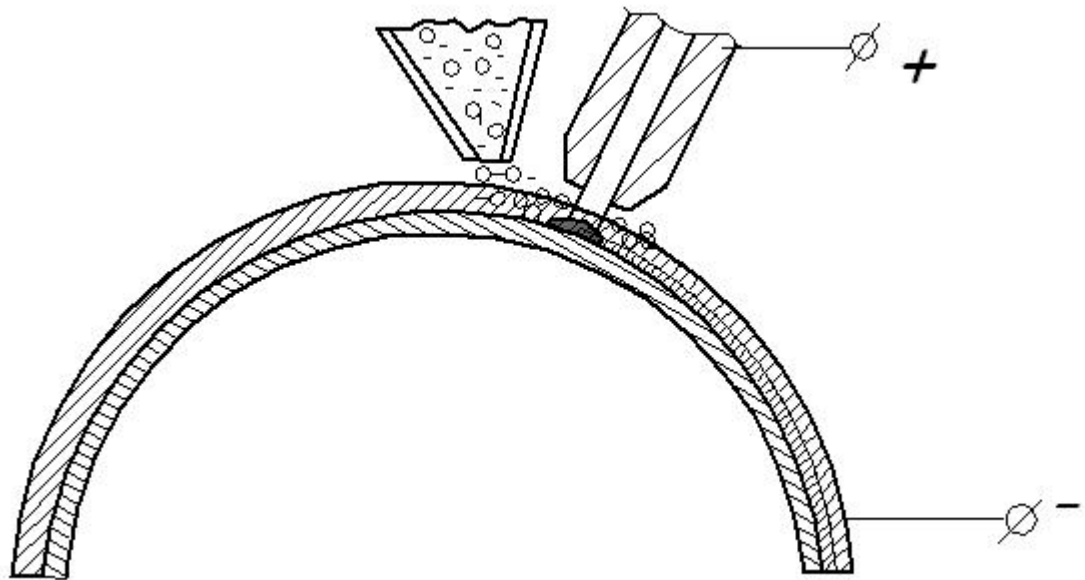


Рисунок 1.15 – Схема автоматической сварки под слоем флюса

Достоинства способа автоматической сварки под слоем флюса:

1. Высокое качество сварных швов.
2. Хорошая защита сварочной ванны от окружающей среды.
3. Флюс способствует замедленному остыванию зоны сварки.
4. Большая производительность достигается применением больших плотностей тока, превышает производительность ручной дуговой сварки в 6-12раз.
5. Исключено разбрызгивание и отходов процесса сварки.
6. Улучшение условий труда благодаря отсутствию открытой сварочной дуги.

Недостатки:

1. Незначительное выделение газов и паров флюса, но выделяемые пары вредны для человека, устраняется при установке хорошей вентиляции.
2. Сварку производят только в нижнем положении.
3. Затруднен контроль процесса горения дуги и формирования шва.
4. Сложное оборудование.



Контактная сварка, рисунок 1.16.

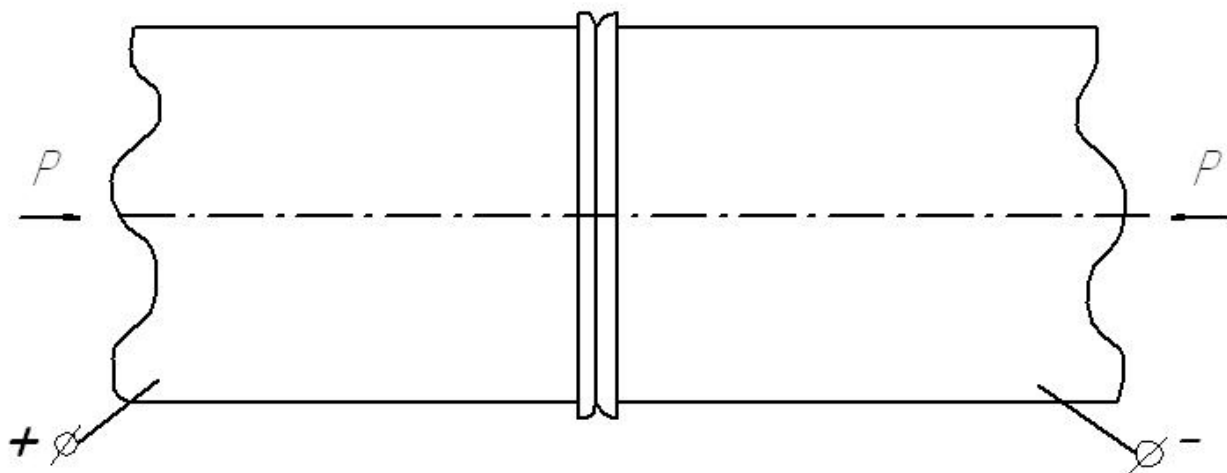


Рисунок 1.16 – Контактная сварка

Преимущества:

- 3.5. Высокая производительность.
- 3.6. Малый расход вспомогательных материалов.
- 3.7. Высокое качество с условием незначительной деформации стыков.
- 3.8. Не требуется высокая квалификации сварщика.
- 3.9. Экономически чистый процесс.

Недостатки:

- 3.10. Сложность оборудования.
- 3.11. Трудность неразрушающего контроля.
- 3.12. Применима для сварки труб диаметром до 520мм включительно, для труб большего диаметра не дает нужных параметров качества.
- 3.13. Пригодна для сварки газопроводов работающих под давлением 15кгс/см<sub>2</sub>.

Чтобы выбрать способ сварки нужно исходить из следующих факторов:

- 1. Выбранный способ сборки.
- 2. Серийность выпускаемой продукции.

3. Климатический фактор.
4. Качество сварных швов.
5. Стоимость материалов.
6. Простота и дешевизна оборудования.

Немного можно пренебречь если выбранный способ отвечает нормативным требованиям предъявляемым к качеству готовой продукции и подходит лучше, чем другие способы сварки, просто требуется дополнительное обучение рабочих.

Исходя из вышесказанного, выбирается два способа сварки удовлетворяющих выдвинутым требованиям:

1. Ручная дуговая сварка - для сварки корневого слоя шва.
2. Автоматическая сварка под слоем флюса – для сварки подварочного слоя корня шва и для сварки заполняющих и облицовочного слоев.

#### **1.4 Задачи работы**

Анализируя существующий техпроцесс, выбранные способы сборки и сварки секций труб можно сформулировать задачи бакалаврской работы:

1. На основе анализа существующего техпроцесса разработать технологию, которая позволит повысить производительность сборочно-сварочных работ.
2. Выбрать оборудование и оснастку позволяющую реализовать спроектированную технологию.
3. Предусмотреть мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала и окружающей среды.
4. Рассчитать экономический эффект

## 2 Разработка проектного технологического процесса ремонтной сварки

Технология сборки и сварки трехтрубных секций включает в себя пять основных технологических процессов:

1. Транспортировка труб из штабеля на приемный стеллаж стенда сборки и сварки труб ССТ141-1 на стреле крана-трубоукладчика.
2. Сборка труб в трехтрубные секции и сварка корневого слоя шва кольцевых стыков на механизированном стенде ССТ141-1.
3. Автоматическая подварка корневого слоя шва под флюсом на промежуточном стенде.
4. Автоматическая сварка под слоем флюса заполняющего и облицовочного слоев шва на автосварочной установке ПАУ-1001-В.
5. Транспортировка секций труб краном-трубоукладчиком со стеллажа-накопителя готовых сваренных секций на площадку контроля сварных соединений труб с последующим перемещением к месту складирования и укладкой в штабель готовой продукции.

При разработке технологии приняты следующие исходные данные:

Таблица 2.1 – Исходные данные.

|   |   |
|---|---|
| I. Количество труб в секции.  | 3шт.  |
| II. Толщина стенки трубы.   |   |
| III. Длина труб.  | 10,5÷12,0м.   |
| IV. Масс трубы при длине 12м.   | 6,85т.  |
| V. Тех.характеристика сборочно-сварочное оборудование сварочной базы 10,5м. | 5,3т.   |
| VI. Характер сварного соединения.   | Сварка встык со сносом двух кромок.                         |
| VII. Техническая характеристика и оборудование ручной дуговой сварки.       | По паспорту.  |
| VIII. Техническая характеристика сварочного транспорта ТС-17М.              | По паспорту.  |
| IX. Техническая характеристика сварочной головки ГДФ1001-УЗ.                | По паспорту.  |
| X. Техническая характеристика сборочно-сварочного оборудования.             | По паспорту.  |
| XI. Марка стали из которой изготовлена труба, диаметр трубы.                | По требованию Ростехнадзора для магистральных газопроводов. |
| XII. Рабочее давление газопровода.  | 650-700МПа (65-70кгс/см <sup>2</sup> ).                     |

Для разработки технологической карты принимаем следующую схему сварочно-монтажных работ:

I. Ручная электродуговая сварка корневого слоя шва с разделением на частичную ( $\frac{3}{4}$  периметра кольцевого стыка) и полную (оставшуюся  $\frac{1}{4}$  стыка), выполняемую на отдельных рабочих местах.

II. Последующая автоматическая подварка корня шва под флюсом роликовым вращателе СВР-142, с применением сварочного трактора ТС-17М.

III. Последующая односторонняя автоматическая сварка под флюсом заполняющего и облицовочного слоев шва на модернизированной установке ПАУ-1001В с применением сварочной головки ГДФ-1001-У3 с флюсоотсосом.

Эта схема наиболее рациональный метод механизированной сборки и сварки труб в секции на трубосварочных базах, использующих сборочный стенд ССТ141-1.

Комплекс работ по сборке и сварке неизолированных тру диаметром 1420мм, на трубосварочной базе, связан с выполнением работ поточно-расчлененном методом на основе специализации отдельных звеньев бригады сварочно-монтажных работ на выполнение определенных трудовых процессов, а именно:

1. Звено по транспортировке труб пакетами из штабелей на приемный стеллаж стенда, с последующим перемещением готовых секций на площадку контроля сварных соединений и укладкой в штабель в составе шесть человек.
2. Звено на сборке труб в трехтрубные секции и сварке корневого слоя шва на механизированном стенде ССТ141-1 в составе восьми человек.
3. Звено по автоматической подварке корневого слоя шва под флюсом на промежуточном стенде сварочным трактором в составе двух человек.

4. Звено по автоматической сварке под флюсом заполняющего и облицовочного слоев шва на установке ПАУ1001В в составе четырех человек. В каждое звено занимающееся сборочно-сварочными работами включен дополнительно электромонтер или машинист электростанции (в зависимости от схемы энергоснабжения), занимающийся присоединением и отключением от сети источников питания сварочного тока, наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации, очистку сварочной проволоки и зарядку кассет, а также прокалкой электродов и флюса.
5. Звено контроля качества сваренных стыков труб в составе двух человек.

После описания общего положения по технологии сборки и сварки трехтрубных секций труб распишем каждый процесс в отдельности.

1. Технология процесса по транспортировке пакетов их четырех труб на стреле крана-трубоукладчика К-594 (катерпиллер) на приемный стеллаж сборочно-сварочного стенда ССТ141-1 из штабелей низкорядного склада на трубосварочной базе заключается в следующем:
  - 1.1. Кран-трубоукладчик с навешанной траверсой подают к разбираемому штабелю с установкой в рабочее положение (траверса располагается на середине двух ближайших к крану труб).
  - 1.2. Трубы пакета стропуют с применением передвижных лестниц-площадок, начиная с верхнего ряда. Строповка труб производится после уточнения внешним осмотром надежность закрепления труб нижнего ряда, осуществленного при складировании.
  - 1.3. Пакет труб поднимают и перемещают краном-трубоукладчиком с укладкой на покаты приемного стеллажа по сигнальным знакам такелажника.

2. Технология процесса по сборке труб в трехтрубные секции и сварке корневым слоем шва кольцевых стыков на механизированном стенде ССТ141-1 заключается в следующем:

Осуществляется входной контроль (проверка) состояния каждой из труб лицом, осуществляющем руководство сварочно-монтажными работами на трубосварочной базе, с целью выявления возможных повреждений (задиры, риски, вмятины на боковой поверхности, а также на торцах труб). При обнаружении дефектов выполняются соответствующие ремонтные работы, дефектные места зачищаются шлифовальной машинкой и завариваются электродами с основным покрытием. Труба с царапинами, рисками и задирами глубиной более 5% от толщины стенки на боковой поверхности, а также с вмятинами глубиной, превышающей 3,5% от диаметра трубы или забоинами и задирами фасок глубиной более 5мм ремонту не подлежат. Труба с недопустимыми дефектными участками удаляются с приемного стеллажа.

Второй операцией является очистка полости трубы и зачистка фасок, а также подача труб манипулятором с приемного стеллажа на роликоопоры стенда. Фаски зачищают до металлического блеска, делают притупление в пределах  $2,0 \div 2,5$  мм, а также зачищают, на расстоянии не менее 20мм от края фаски, внутреннюю и наружную поверхность трубы.

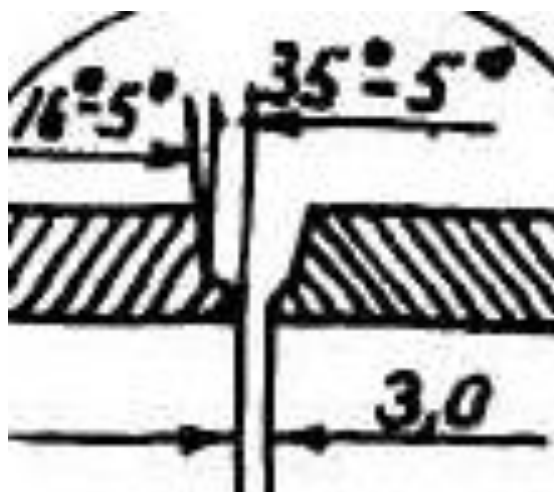


Рисунок 2.1 – Разделка кромок

После того, как трубы попадают на роликоопоры стенда с помощью механизма стягивания труб происходит одновременное сближение крайних труб к средней. После этого подвижной лоток каждого из центраторов сближается с торцом крайней трубы перемещает ее до соприкосновения со средней трубой. Далее осуществляется ввод и перемещение центраторов к стыкам посредством включения электроприводов устройства перемещения центраторов в виде передвижной штанги, рисунок 2.2.

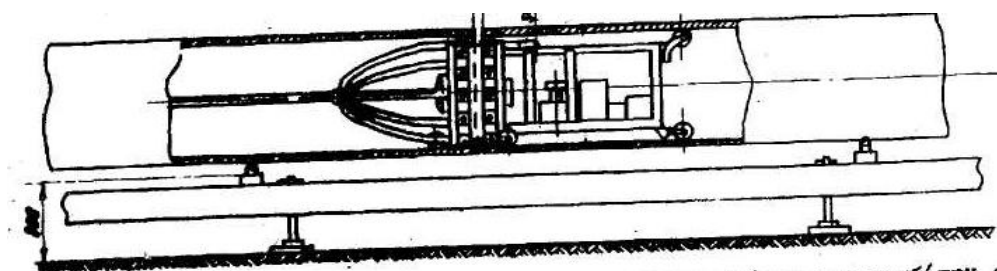


Рисунок 2.2 Ввод и перемещение центраторов

В момент сдвижки труб и установки центраторов запрещается движение рук в световом пространстве между торцами. После установки центраторов на стыках, для создания равномерного зазора по всему периметру стыкуемых труб осуществляется их подъем или смещение с оси стенда манипуляторами имеющими гидроэлектропривод. При этом должны быть достигнуты нормативные величины наружного смещения кромок – не более 3мм, а также сварочного зазора между ними  $2,5 \div 3,0$ мм, осуществляют контроль установки зазора и смещения кромок с помощью универсальных шаблонов, рисунок 2.3.

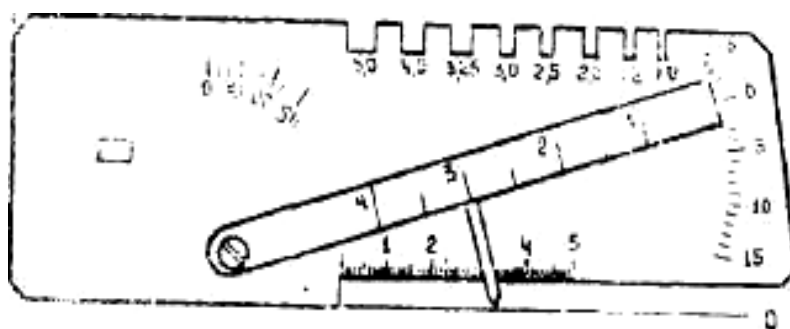


Рисунок 2.3 – Универсальный шаблон сварщика

После оценки качества сборки осуществляют фиксацию центровки труб (достижением полного усилия разжатия жимков центраторов) относительно трех координатных осей. Выполнение прихваток при сборке труб на внутренних центраторах не рекомендуется. Если свариваемые торцы труб влажные из-за погодных условий и если температура окружающего воздуха не ниже 0° С, то их просто просушивают специальными кольцевыми газогорелочными устройствами.

Если температура ниже 0°С, то производится предварительный подогрев торцов до 100÷200 0°С, на расстоянии 150÷200мм по обе стороны от стыка. Температуру подогрева определяют специальными контактными термометрами или термокарандашами. Газогорелочные подогреватели получают питание от емкостей с газом, которые располагаются по торцам ССТ141-1, применяется газ сжиженный – пропан. Температура подогрева зависит от эквивалентного содержания углерода в стали из которой изготовлена труба и толщины стенки, чем выше показатели, тем выше температура. Эквивалент углерода в применяемых сталях колеблется от 0,42 до 0,46, толщина стенки от 15,7 до 21,5 мм, для магистральных газопроводов диаметром 1420мм. Важнейшим этапом является неповоротная ручная дуговая сварка корневого слоя шва на сборочном стенде.

Для обеспечения качественного сварного соединения, снижения утомляемости сварщиков, сварку первого слоя выполняют только на участке, равном около  $\frac{3}{4}$  периметра стыка, исключая при этом нижнюю четверть кольцевого соединения. Непосредственно перед сваркой осуществляют дополнительный контроль соответствия нагрева стыка. После этого по два сварщика на каждом стыке, осуществляют сварку корневого слоя шва, зажигание дуги производить в разделке фасок трубы, зажигание трубы на теле трубы запрещено. Сварку корневого слоя шва осуществляют электродами марки ЛБ-52У (Япония) или ОК5370



(Швеция) с основным покрытием, диаметром 3,0÷3,25мм, способом на подъем с регулировкой тока сварки, в зависимости от пространственного положения электрода балластными реостатами, установленными непосредственно у стыка. Ток сварки 100-130А, перекрытие участков корневого слоя шва должны составлять 20÷40мм, при толщине корневого слоя 5÷6мм. Рекомендуется использование короткой дуги 2÷3мм.

Таблица 2.2 - Механические свойства металла шва.

| Марка электрода | $\sigma_{вр}$       | $\sigma_{т}$ | $\delta_{удл} \%$ | Ударная вязкость D <sub>H</sub> |
|-----------------|---------------------|--------------|-------------------|---------------------------------|
|                 | кгс/мм <sup>2</sup> |              |                   | кгс·м/см <sup>2</sup>           |
| ЛБ -52У         | 52-57               | 40-46        | 22-26             | 5-7                             |
| ОК-5370         | 53-58               | 42-46        | 28-30             | 6-9                             |

Э50А ЛБ-52У (Япония) диаметр 3,2мм; основное покрытие; длина 350мм; цвет обмазки темно-серый; торец окрашен в синий цвет .

ОК5370 Э50А диаметр 3,25; основное покрытие, длина 350мм; цвет обмазки серовато-белый; торец электрода не окрашен.

После завершения сварочных работ на данном этапе сварки корневого слоя шва ( $\frac{3}{4}$  периметра стыка), по сигналам сварщиков открывают запорные устройства гидроцилиндров жимков, рычаги с жимками под действием пружин возвращаются в исходное положение, центраторы возвращают на лотки и перемещают на край станда, затем сваренную секцию труб скатывают на промежуточный стеллаж для окончательной доварки ( $\frac{1}{4}$  периметра стыка) корневого слоя шва, который на стенде оказался внизу, а на промежуточном стеллаже вследствие применения покатаей установленной длины (7,8м) – оказывается в вертикальном положении для сварки.

После доварки корневого слоя шва, его поверхность тщательно зачищают от шлака, брызг металла и окалины, как снаружи так и изнутри трубы. Зачищают до металлического блеска с плавным переходом к основному металлу, придают валику слегка вогнутую поверхность.

Таблица 2.3 - Химический состав стержня электрода.

| Марка электрода | Углерод   | Mn   | Si  | Nu  | Cr   | Cu   | S    | P     |
|-----------------|-----------|------|-----|-----|------|------|------|-------|
| ЛБ-52У          | 0,12-0,14 | 1,6  | 0,5 | 0,1 | 0,2  | 0,08 | 0,03 | 0,025 |
| ОК5370          | 0,16      | 1,65 | 0,5 | 0,1 | 0,25 | 0,1  | 0,03 | 0,015 |

На данном этапе для эффективного выполнения работ по транспортировке секций труб со стеллажа-накопителя на площадку контроля с дальнейшим перемещением в штабель (доставка секций производится на тросу), осуществляется разметка мест строповки в зависимости от длины секции труб. Метку ставят в середине секции с охватом около  $\frac{3}{4}$  периметра, одновременно производится нанесение порядкового номера собранной секции снаружи и изнутри на расстоянии 150÷200мм от края. Разметку и маркировку производят масляной эмалью ПФ-115, светлого тона. В дальнейшем сваренную секцию скатывают на стенд подварки корневого слоя шва.

3. Осуществляется накатывание секции труб на роликовый вращатель стенда подварки корневого слоя шва, рисунок 2.4.

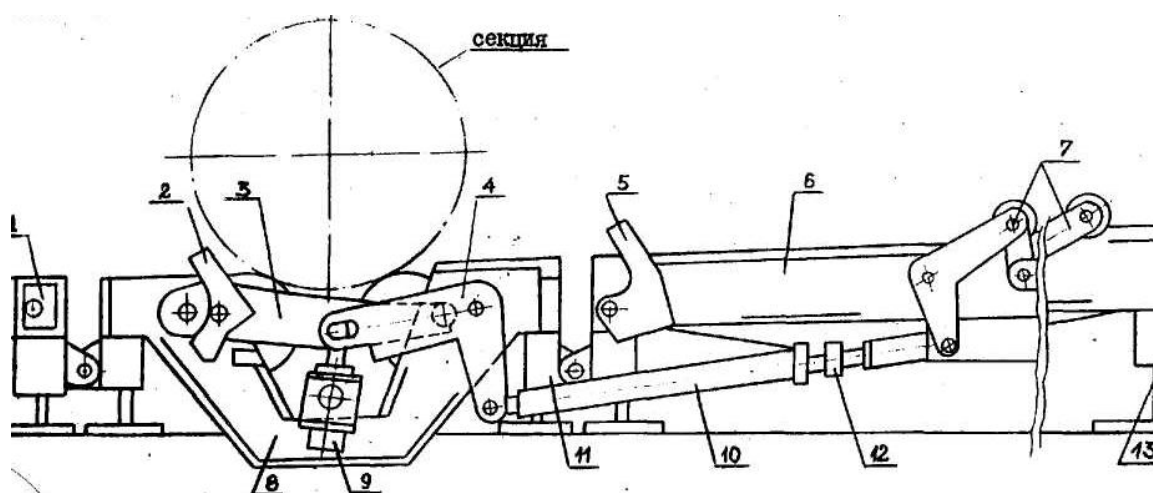


Рисунок 2.4 – Накатывание секции труб

Устанавливается магнитный электроконтакт с подвижным токодержателем, обеспечивающий эффективное присоединение сварочного (обратного) провода к секции труб для дуговой сварки, рисунок 2.5.

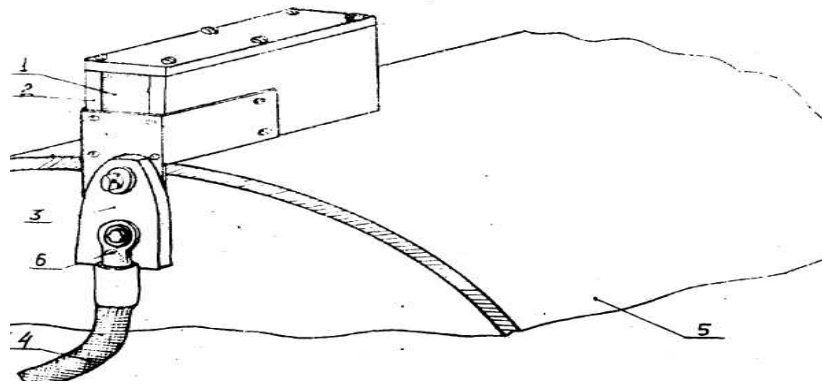


Рисунок 2.5 – Магнитный контакт

Устанавливают на боковой поверхности секции, прилегающей непосредственно к торцу, в верхней полуокружности трубы с расположением сварочного провода, обеспечивающего удобное перемещение сварочного трактора при въезде в полость трубы. Производят дистанционное перемещение вентиляционной вытяжной установки в полость трубы при удалении от торца на расстоянии  $0,5 \div 1,0$  м.

Для выполнения автоматической подварки корневого слоя шва по всему периметру стыка производится перемещение и установка сварочного трактора на свариваемое стыковое соединение начиная со второго стыка от торца секции труб (дальнего) расположенного со стороны рабочего настила, рисунок 2.6.

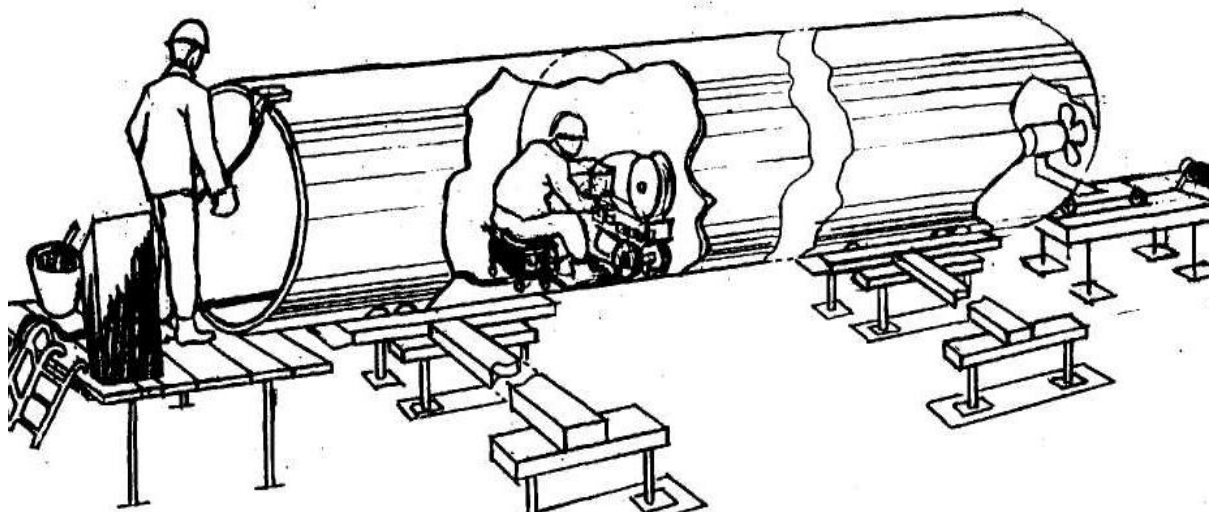


Рисунок 2.6 – Подварка корневого слоя

Для создания безопасных условий при перемещении внутри секции рабочего со сварочным трактором необходимо отключить питание сварочной цепи с пульта управления. Для местного освещения внутри трубы должны использоваться светильники напряжением не выше 12В.

Интервал времени между окончанием сварки корневого слоя на промежуточном стеллаже и началом автоматической подварки не должен превышать 40 минут.

Устанавливают сварочный трактор на стык с расположением мундштука между свариваемыми крошками по условной оси стыка, вылет электрода около 30мм, угол наклона  $60^{\circ} \div 70^{\circ}$ , смещение с надира в направлении вращения секции должно составлять 30-35мм.

Осуществляют автоматическую подварку корня шва под флюсом электродной проволокой диаметром 3мм на постоянном токе обратной полярности, в поворотном положении, благодаря использованию роликового вращателя, с регулированием процесса сварки при заданной скорости подачи проволоки 54-58м/ч; автоматическую подварку выполнять при сварочном токе 450÷ 500А; напряжение на дуге 45÷47В и скорости сварки 25÷28м/ч.

Для обеспечения качества сварки рекомендуется использование электродной проволоки с омедненным или специальным покрытием. Применение проволоки без антикоррозионных покрытий допускается при условии предварительной механической очистки ее от ржавчин и загрязнений.

Усиление шва, образуемого при автоматической подварке, должно быть высотой 1÷3мм, а ширина проплавления подварочного слоя шва 18÷24мм.

Подварка корня шва на каждом из стыков должна завершаться сбором неиспользованного флюса, очисткой подварочного слоя от шлака, удалением шлакопродуктов из полости трубы. Неиспользованный флюс следует вновь прокалить.

После окончания сварки, остановки двигателя приводной опоры, перемещением сварочного трактора из секции на рабочий настил, а также тележки с вентилятором – на специальную раму основание и снятие магнитного электроконтакта производится скатывание секции с опор роликового вращателя рычагами укладки (снятия) манипуляторов на линии автоматической сварки заполняющего и облицовочного слоев, Рисунок 2.7.

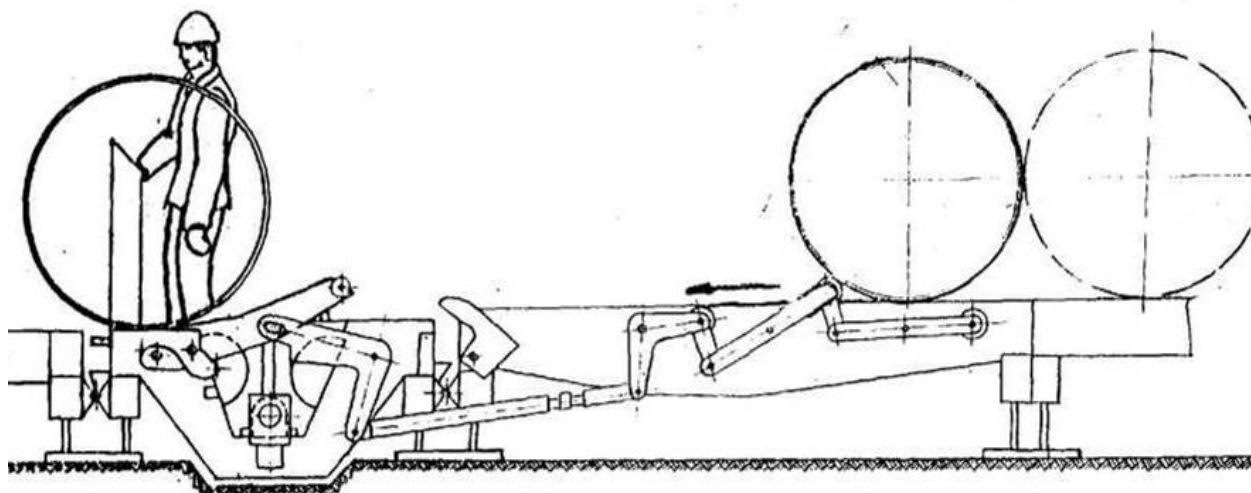


Рисунок 2.7 – Скатывание секции

В процессе выполнения автоматической подварки осуществляется периодическая смена кассет с электродной проволокой и засыпка просушенного флюса в бункер сварочного трактора.

Марка применяемой проволоки св08МХ диаметром 3мм, таблица 2.4.

Таблица 2.4 - Химический состав и физические свойства сварочной проволоки.

| С        | Мn        | Si        | Cr        | Ni    | Mo        | S                    | P                    |
|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|----------------------|----------------------|
| 0,1-0,15 | 0,35-0,60 | 0,12-0,30 | 0,45-0,65 | ≤0,30 | 0,40-0,60 | He<br>более<br>0,025 | He<br>более<br>0,030 |

Таблица 2.5 - Механические свойства металла шва

| $\sigma_{вр}$ , кг/мм <sup>2</sup> | $\sigma_T$ , кг/мм <sup>2</sup> | $\sigma$ % | $\lambda_H$ , кгс·м/см <sup>2</sup> , при<br>t = - 40°C |
|------------------------------------|---------------------------------|------------|---|
| 58-60                              | 46                              | 20         | 8,0   |

Марка применяемого флюса АН-47, таблица 2.6.

Таблица 2.6 - Химический состав флюса; %:

| SiO <sub>2</sub> | MnO   | CaO   | CaF <sub>2</sub> | MgO      | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | Zr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | S     | P     |
|------------------|-------|-------|------------------|----------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| 28-32            | 14-18 | 13-17 | 9-13             | 6,5-10,5 | 9-13                           | 4-7              | 1-2                            | <2                             | <0,05 | <0,05 |

Цвет зерен – темно-коричневый, черный; размер зерен 0,25-2,5мм;

Строение зерен – стекловидное.

Назначение флюса АН-47:

Для механизированной сварки низколегированных сталей обычной и повышенной прочности. Хорошо зарекомендовал себя при сварке кольцевых швов труб большого диаметра из дисперсионно – упрочненных сталей с пределом прочности до 60кгс/мм<sup>2</sup> и температурой эксплуатации до -60°С.

Сварочно–технологические свойства:

Устойчивое горение дуги, разрывная длина дуги до 10 мм; формирование шва хорошее с плавным переходом к основному металлу; отделимость шлаковой корки хорошая; склонность металла шва к образованию пор и трещин низкая.

Данные для применения: род и значение максимально допускаемого тока = (+); 1200А; максимальная скорость сварки V<sub>св</sub>= 120м/час; сушка при t= 400°С; время сушки 2 часа; рекомендованные проволоки: Св-08ГА; Св-08МХ; Св08ХМ; Св08ХМФ.

4. С пульта управления, установленного на посту сварки осуществляется накатывание секции труб на роликовый вращатель станда, при этом сварочные посты должны находиться в исходном положении на рельсовом пути, рисунок 2.8.

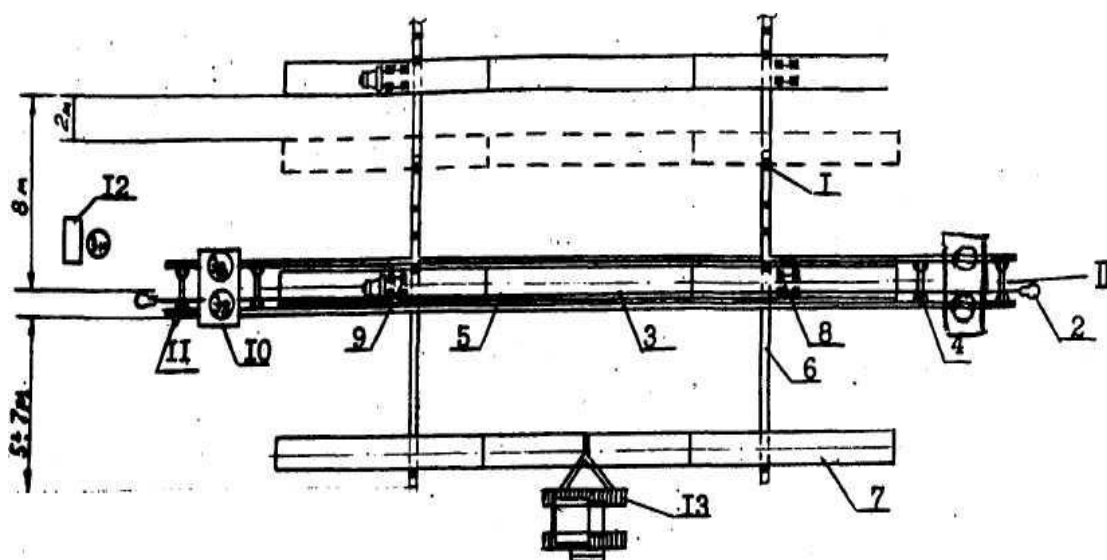


Рисунок 2.8 – Исходное положение сварочных постов

При условии расположения сварочной головки ГДФ-1001-У3 в поднятом над трубой положении, предварительного выполнения подготовительных операций по установке кассеты с электродной проволокой, засыпке прокаленного флюса в бункер головки, включения освещения, вентилятора и компрессора на постах сварки начинается их перемещение к свариваемым стыкам с частичной остановкой при пересечении торца секции, когда он находится в середине сварочного поста на внутреннюю боковую поверхность секции, в целях исключения повреждений резиновых уплотнений на боковых проемах тоннеля поста, устанавливают магнитный электроконтакт.

Далее сварочные посты продвигаются к сваренным стыкам и останавливаются, когда свариваемый стык оказывается по середине рабочего проекта тоннеля сварочного поста. Затем сварочная головка устанавливается на стыковое соединение с проведением коррекции положения электрода по отношению к оси свариваемых кромок, а также достигается необходимое смещение электрода относительно верхней точки окружности шва (зенита)- в пределах: 80÷100мм для заполняющего слоя; 40÷80мм для облицовочного слоя. Наклоны электрода по отношению к секции труб должен иметь характер «уклон вперед» при величине угла до 30°, вылет электрода

40÷45мм. Установка сварочной головки и ее коррекция одновременно производится на двух сварочных постах.

Перед началом сварки заполняющего слоя, сварщики связываются между собой по переговорному устройству, которое установлено на каждом сварочном посту и одновременно начинают сварку приведя в действие роликовый вращатель станда, рисунок 2.9.

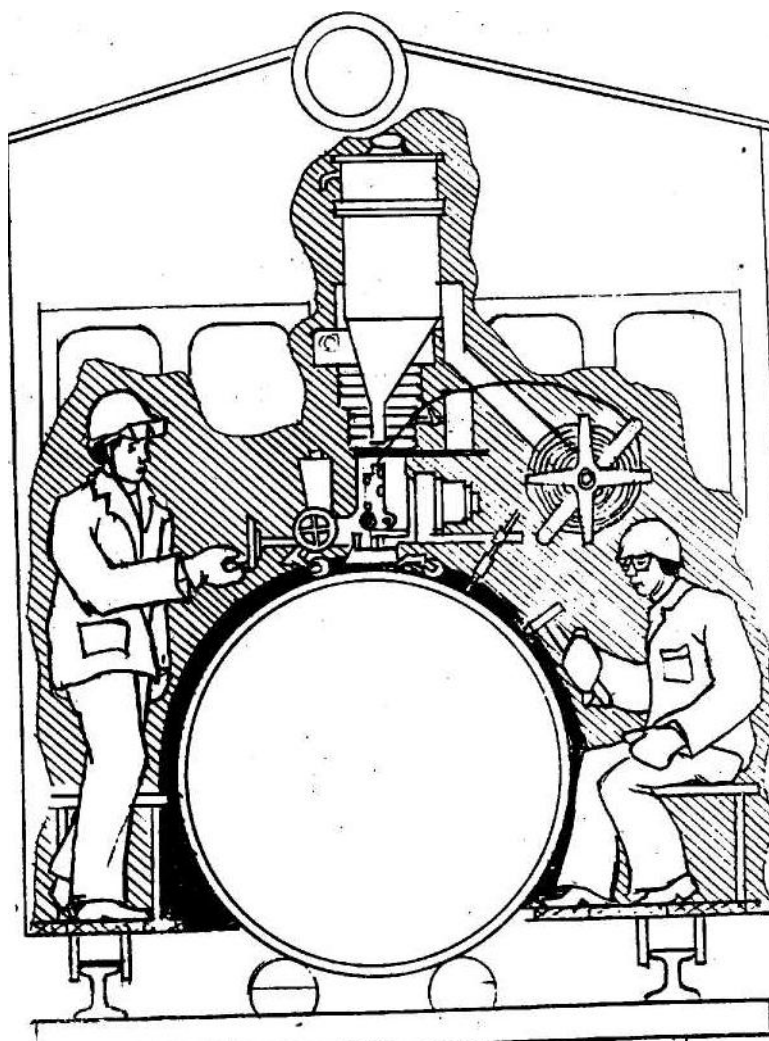


Рисунок 2.9 – Сварка заполняющего слоя

Автоматическая сварка под слоем флюса – осуществляется при поворотном положении секций труб.

Сварку труб с толщиной стенки до 16,5мм включительно, производят сварочной проволокой диаметром 3мм, на постоянном токе обратной



полярности с регулированием процесса сварки на основе поддержания устойчивого горения дуги при обеспечении равенства между скоростью подачи проволоки и скоростью ее плавления.

Таблица 2.7 - Режимы сварки

|                                 | Сварочный ток | Напряжение дуги |
|---------------------------------|---------------|-----------------|
| заполняющий слой                | 600-650А      | 44÷46В          |
| облицовочный слой               | 650-700А      | 46÷48В          |
| Скорость сварки для обоих слоев |               | 50÷60м/час      |

Для сварки применяют проволоку и флюс тех же марок, что и при подварке корневого слоя шва.

В процессе сварки заполняющего и облицовочного слоев осуществляется очистка шва от шлаковой корки, с последующим контролем и оценкой качества сварного соединения на основе внешнего осмотра. При обнаружении наружных дефектов они устраняются путем выпиливания шлифовальной машинкой с последующим наложением валиков автоматической сваркой под флюсом или ручной дуговой сваркой электродами соответствующей марки. Отремонтированные участки контролируются визуально с последующим нанесением клейма присвоенного бригаде сварщиков. Клеймо наносится на расстоянии 100-150мм от оси стыка краской светлого тона.

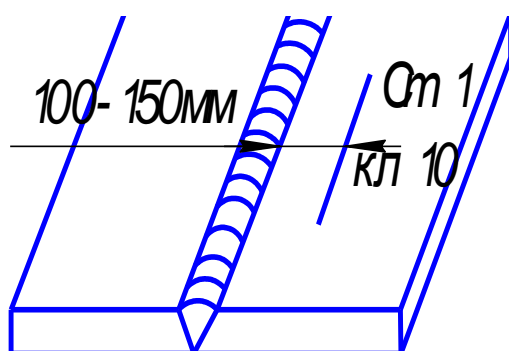


Рисунок 2.10 – Клеймение стыка

После завершения сварочных и вспомогательных работ, после подъема сварочной головки, пост сварки перемещается в исходное положение на край рельсового пути. В период перемещения осуществляется промежуточная остановка поста сварки в целях снятия магнитного электроконтакта с ее поверхности. С пульта управления поста сварки, при помощи манипулятора, осуществляется скатывание сварной секции с опор роликового вращателя на покати законченной продукции.

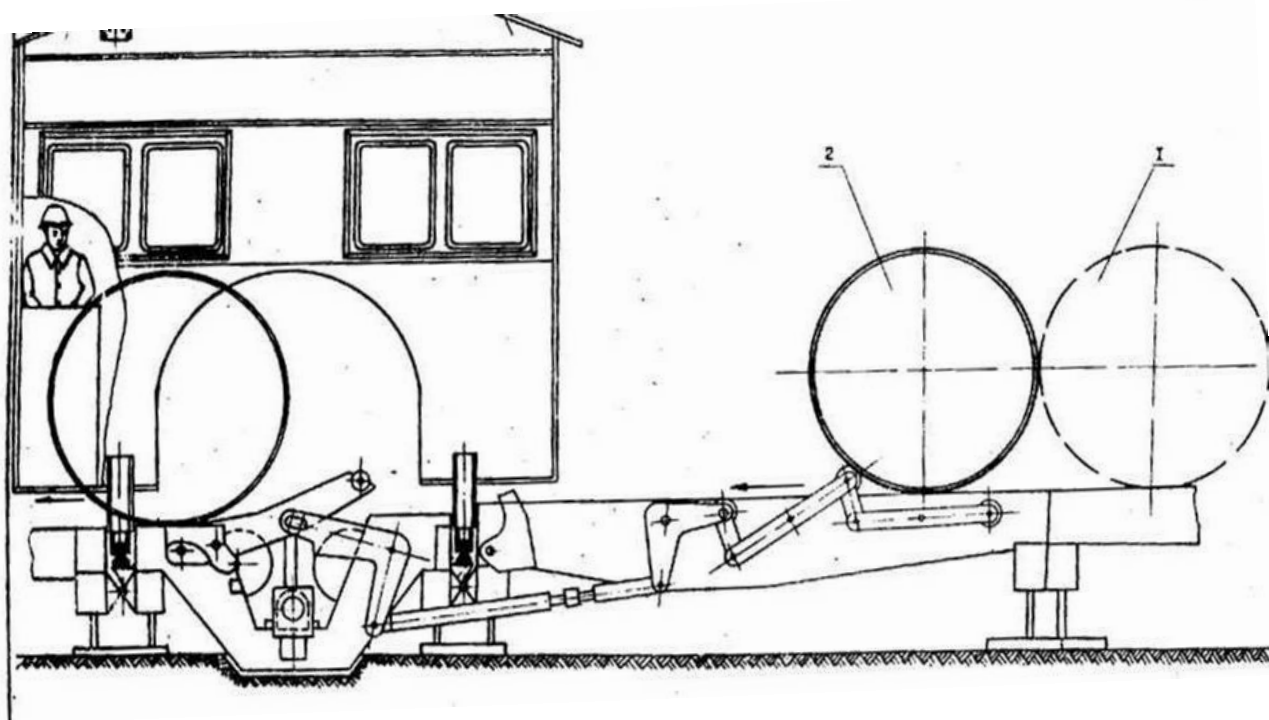


Рисунок 2.11 – Скатывание сваренной секции

Со стеллажа законченной продукции установки ПАУ-1001В, сваренные секции труб перемещают на расстояние до 60 метров, при помощи клещевого захвата, на площадку контроля готовой продукции, рисунок 2.12.

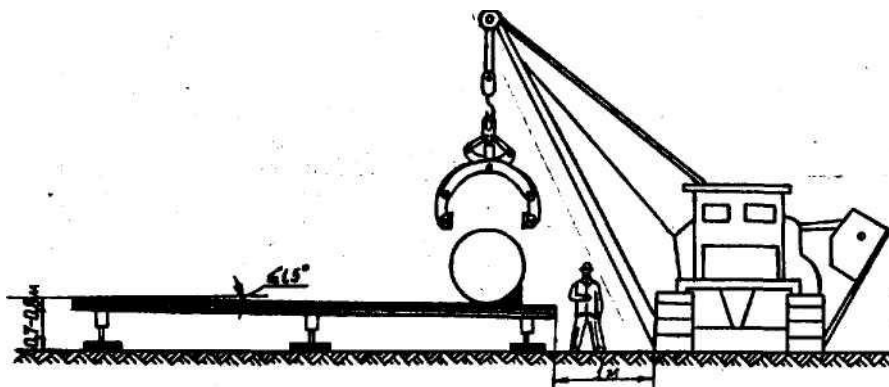


Рисунок 2.12 – Перемещение секции на площадку контроля

Укладка секций осуществляется в один ряд на брусья, расположенные на одинаковом расстоянии от концов секции в пределах 5÷8 метров, рисунок 2.13.

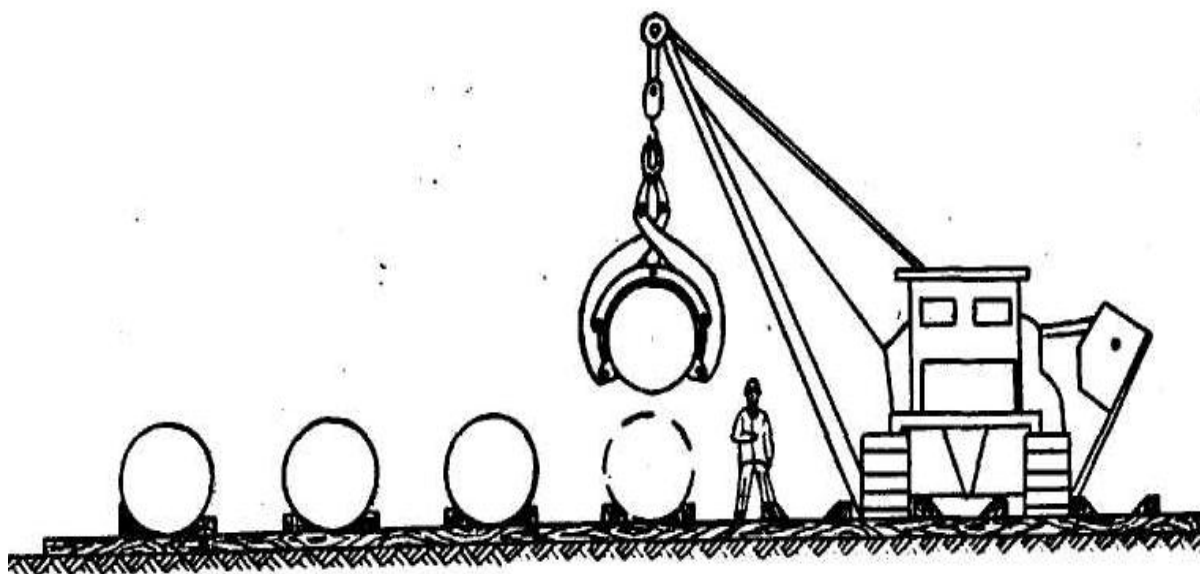


Рисунок 2.13 – Укладка готовых секций

С площадки контроля сварных соединений, на расстояние до 100 метров, секции труб перемещают в штабель готовой продукции, при помощи навешанного кольцевого стропа на крюк крана-трубоукладчика.

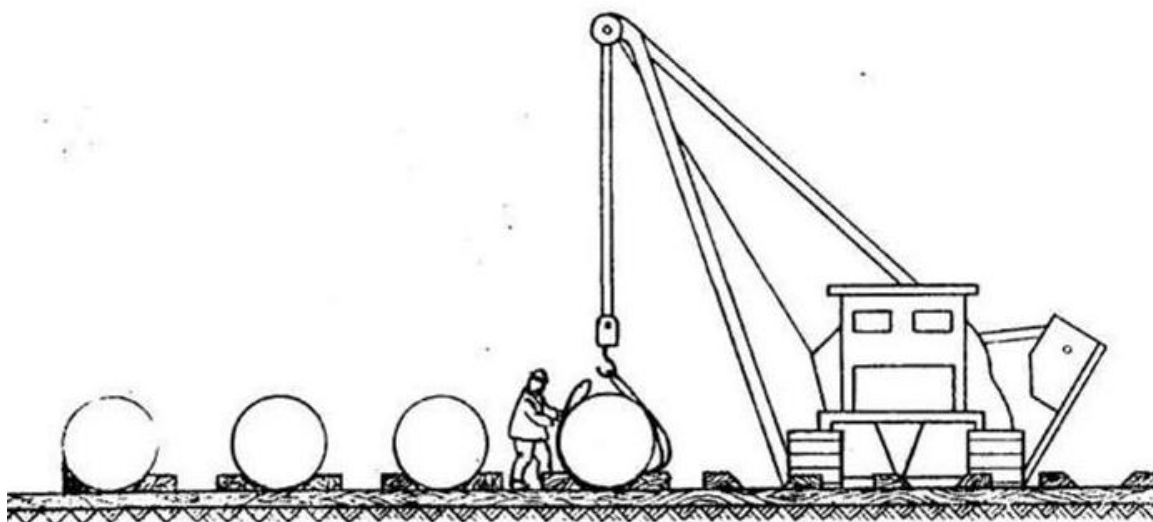


Рисунок 2.14 – Перемещение в штабель готовой продукции

В момент строповки и захвата крюк крана устанавливают по оси секции над местом строповки, нанесенном при сборочно-сварочных операциях.

б. Контроль сваренных стыков производит звено дефектоскопистов согласно технологическим картам контроля и требования инструкции по контролю сварных соединений магистральных трубопроводов.

### **3 Применяемое оборудование и оснастка**

Наша промышленность выпускает много всевозможного оборудования оснастки для сварочного производства, поэтому в проектировке оборудования и оснастки крупного и среднего размера нет надобности, следует только подобрать нужное оборудование и оснастку и разработать технологию сборки и сварки секций труб, учитывая технические характеристики оборудования и оснастки для сборки и сварки. Идеально исходит выпускаемая «Брянским заводом по ремонту дизельных машин» конструкции СКБ «Газстроймашина» сварочная база для сборки и сварки секций труб, состоящая:

1. Стенд для сборки труб в трехтрубные секции и сварки корневого слоя шва, состоящий из пяти секций, включая дополнительную секцию для установки подвижного лотка (механизма стягивания труб и приема центратора), для одновременной сборки двух стыков, а также отличающийся применением смешанного гидропривода манипуляторов поворота и подъема труб при сборке и удлинением покатай секций (промежуточного стеллажа) для полной сварки корневого слоя шва.

2. Стенд для подварки корневого слоя шва автоматической сваркой под флюсом поворотных стыков неизолированных секций труб (длиной до 36 метров) сварочным трактором ТС-17М, с электродной проволокой диаметром 3-4 мм, оснащенным роликовым вращателем СВР-142, в нормальных условиях прохождения трассы магистральных трубопроводов.

3. ПАУ-1001В – полевая автосварная установка для выполнения односторонней автоматической сварки под флюсом заполняющих и облицовочных слоев шва поворотных стыков неизолированных трехтрубных секций, двумя сварочными головками ГДФ-1001-УЗ, оснащенной флюсоаппаратом.

В состав каждой установки входят:

1.1.1. ССТ –141-1- Стенд сборки труб.

- 1.1.2. Центратор внутренний гидравлический ЦВ-144.
- 1.1.3. Устройство для перемещения центратора.
- 1.1.4. Оборудование, для подогрева стыков труб перед сваркой.
- 1.1.5. Электрошлифовальная машинка для зачистки кромки труб и очистки корневого слоя шва от шлака.
- 1.1.6. Блок питания сварочных постов.
- 1.1.7. Выпрямитель ВДМ-1201-УЗ.
- 1.1.8. Механизм стягивания труб.
- 1.1.9. Шкаф для сушки электродов ЭОС-0,09/2-И1;
2. Стенд для подварки корневого слоя шва
  - 2.1. Сварочный трактор ТС-17И.
  - 2.2. Блок питания.
  - 2.3. Выпрямитель для автоматической сварки под флюсом ВД1201-УЗ
  - 2.4. Электродпечь для сушки флюса;
  - 2.5. Роликовый вращатель СВР-142;
  - 2.6. Установка вентиляционная;
  - 2.7. Тележка вспомогательная для размещения электросварщика при сварке и сборе шлакопродуктов;
  - 2.8. Приспособление (магнитный электроконтакт) с подвижным держателем для присоединения сварочного провода;
  - 2.9. Машинка для очистки намотки проволоки.
3. ПАУ -1001В
  - 3.1. Роликовый вращатель (стенд);
  - 3.2. Манипулятор;
  - 3.3. Пост сварки самоходный;
  - 3.4. Сварочная головка ГДФ1001-УЗ;
  - 3.5. Выпрямитель ВДМ-1201-УЗ для автоматической сварки под флюсом;
  - 3.6. Выпрямитель ВДУ 301-УЗ для ремонта стыков ручной дуговой сваркой;
  - 3.7. Электродпечь для сушки флюса;

- 3.8. Машинка для очистки и намотки проволоки;
- 3.9. Приспособление (магнитный электроконтакт);
- 3.10. Термопенал ЭОС-0,09/2-И1;
- 3.11. Электрошлифовальная машинка;
- 3.12. Газогорелочное устройство для просушки стыков перед автоматической сваркой при наличии влаги.

При сварке корневого слоя шва, для защиты глаз и лица сварщика от прямых излучений сварочной дуги, брызг расплавленного металла, а также органов дыхания от сварочных дымов, применяется щиток защитный лицевой с электрооптическим светофильтром и принудительной подачей очищенного воздуха «Муссон-4Б», выпускаемый обществом с ограниченной ответственностью научно-производственным предприятием «СИЗОД» города Санкт-Петербурга.

Для хранения прокаленных сварочных электродов с покрытием основного вида при сварке корневого слоя шва, применяется электрошлифовальное устройство ЭОС-0,09/2-И1 (термопенал), обеспечивающее сохраняемость прокаленных электродов при температуре окружающего воздуха  $-40^{\circ}\text{C}$ , в течение 2,5 часов. Эти термоканалы выпускаются Утенским заводом лабораторных электропечей.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Укрупнение трубных секций при ремонте магистральных трубопроводов». В настоящее время ремонт магистральных трубопроводов при замене труб выполняется технологией дуговой сварки штучными электродами. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя механизированную сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология механизированной сварки на установке ПАУ-1001В, естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

На участке в настоящее время размещен сварочный выпрямитель и вспомогательное оборудование, предназначенное для перемещения труб, их сборки и контроля. Для внедрения разработанной при выполнении бакалаврской работы технологии сварки понадобится установка ПАУ-1001В.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| Технологический процесс                        | Выполняемые работы               | Должности работников, реализующих данный техпроцесс       | Вновь установленное оборудование | Вспомогательные материалы                            |
|--|----------------------------------|---|----------------------------------|--|
| Выполнение кольцевых сварных швов трубопровода | Подготовка, сборка и сварка труб | Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов, | Установка ПАУ-1001В.             | Присадочная проволока Св-08ГС, флюс, круг абразивный |



## 4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб.

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

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

| Выполняемые работы               | Опасный и /или вредный производственный фактор   | Источник опасного и / или вредного производственного фактора  |
|----------------------------------|--|---|
| Подготовка, сборка и сварка труб | Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация. | Установка ПАУ-1001В проволока Св-08ГС, флюс, круг абразивный. |

## 4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

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

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

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

#### 4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

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

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

| Участок, подразделение           | Оборудование        | Класс пожара   | Опасные факторы пожара  | Сопутствующие проявления факторов пожара   |
|----------------------------------|---------------------|--|---|--|
| Подготовки, сборки и сварки труб | Установка ПАУ-1001В | пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е) | Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует видимости. | Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения |

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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

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

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

#### 4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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

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

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

#### **4.6 Выводы по разделу**

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

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса сварки на установке ПАУ-1001В.

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

Также технология механизированной сварки магистрального трубопровода проволокой сплошного сечения под слоем флюса оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложен комплекс организационных мероприятий.

## 5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса ремонтной сварки трубопровода применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта укрупнительную сварку секций на установке ПАУ-1001В.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 5.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании автоматической укрупнительной сварки на трубосварочной базе – установка ПАУ-1001В.

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

| Базовая технология   | Проектная технология   |
|--|--|
| Высокая трудоемкость при подетальном монтаже трубопровода, когда каждая труба монтируется на месте.  | Предложен поузловой вариант, когда несколько труб в условиях трубосварочной базы укрупняются.  |
| Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий. | При сварке на установке ПАУ-1001В автомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой. |
| Скорость сварки низкая, так как сила тока при сварке штучными электродами не может быть большой.   | Сила тока при автоматической сварке больше, значит можно увеличить скорость сварки без опасений получить такой дефект, как непровар. Соответственно, увеличивается и производительность  |

### 5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

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

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

| Показатели  | Услов. обозн.                         | Ед. изм.         | Варианты |         |
|---|---------------------------------------|------------------|----------|---------|
|   |                                       |                  | Базовый  | Проект. |
| 2   | 3                                     | 4                | 5        | 6       |
| Годовая программа   | $N_{\text{пр}}$                       | шт               | 1000     | 1000    |
| Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала                             | $C_{\text{эл.}}$                      | Руб/кг           | 680      | 590     |
| Коэффициент транспортно-заготовительных расходов                              | ктз                                   | -                | 1,05     | 1,05    |
| Значение тарифной ставки  | $C_{\text{ч}}$                        | Руб/час          | 95,29    | 84,87   |
| Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате               | $k_{\text{зпл}}$                      | -                | 1,81     | 1,81    |
| Отчисления на дополнительную заработную плату                                 | $k_{\text{д}}$                        | %                | 10       | 10      |
| Коэффициент отчислений на социальные нужды                                    | $n_{\text{соц}}$                      | %                | 30       | 30      |
| Финансовые затраты на покупку оборудования                                    | $C_{\text{об}}$                       | Руб              | 40000    | 700000  |
| Норма амортизационных отчислений на оборудование                              | $n_{\text{а}}$                        | %                | 18       | 18      |
| Коэф. Полезного действия установки  | КПД                                   | -                | 0,7      | 0,78    |
| Стоимость электроэнергии  | $C_{\text{э-э}}$                      | Руб/кВт          | 3,02     | 3,02    |
| Удельный расход защитного газа  | $U_{\text{зг}}$                       | $M^3/\text{час}$ | -        | 50      |
| Стоимость защитного газа  | $C_{\text{зг}}$                       | Руб/ $m^3$       | -        | 50      |
| Стоимость аренды площади  | $C_{\text{экспл}}$                    | Руб/ $m^2$       | 1800     | 1800    |
| Стоимость приобретения производственных площадей                              | $C_{\text{пл}}$                       | Руб/ $m^2$       | 4500     | 4500    |
| Площадь занимаемая оборудованием  | $S$                                   | $M^2$            | 8        | 11      |
| Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования | $k_{\text{монт}}$<br>$k_{\text{дем}}$ | %                | 2        | 2       |
| Коэффициент цеховых расходов  | $k_{\text{цех}}$                      |                  | 1,72     | 1,72    |
| Коэффициент заводских расходов  | $k_{\text{зав}}$                      |                  | 1,97     | 1,97    |
| Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений   | $E_{\text{н}}$                        | -                | 0,33     | 0,33    |
| Норма амортизационных отчислений на площадь                                   | $n_{\text{пл}}$                       | %                | 2        | 2       |

## 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

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

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

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

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

$t_в$  – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе  
 $t_в = 10\%$  от  $t_0$ .

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

$t_{обсл}$  – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места  
 $t_{обсл} = 8\%$  от  $t_0$ ;

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

Машинное время определим по следующей формуле:

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

где:  $L_{ш}$  – кольцевой шов - 2,38 м;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

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

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



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

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

где  $\rho$  – плотность, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_H$  – площадь валика, мм<sup>2</sup>.

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$$

На толщину 3,5 мм.

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

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

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

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 2,38}{120 \cdot 9} = 0,49 \text{ час} = 29,4 \text{ мин.}$$

$$t_{пр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,27 \text{ час} = 16,2 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 29,4 + 2,94 + 1,47 + 2,35 + 0,29 = 36,4 \text{ мин} = 0,60 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 16,2 + 1,62 + 0,81 + 1,29 + 0,162 = 20,0 \text{ мин.} = 0,33 \text{ час.}$$

### 5.3 Расчет затрат на новое оборудование

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

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

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

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

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

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

где:  $N_{пр}$  – годовая программа, см. табл. 5.2, 1000 шт.;

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

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

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

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

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

Фонд времени определим по формуле:

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

где:  $D_k$  – всего дней в году;

$D_{вых}$  – всего выходных в году;

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

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

$S$  – принятое на предприятии количество рабочих смен;

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

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

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{1000 * 36,4}{1812 * 60} = 0,33 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,33}{1} = 0,33$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,33 = 13392,20 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{1000 \cdot 20,0}{1812 \cdot 60} = 0,18 \text{ шт}$$

$$k_{зпр} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

$$K_{прпр} = 700000 \cdot 0,18 = 126000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

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

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

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

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

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

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

$$k_{монт} = 0,2.$$

$$K_{монт} = 700000 \cdot 0,2 = 140000 \text{ руб}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 126000 + 140000 + 8000 + 5400 = 279400 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 13392,20 / 1000 = 13,39 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = 279400 / 1000 = 279,40 \text{ руб.}$$

#### **5.4 Определение себестоимости сварки по базовому и проектному вариантам**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (5.18)$$

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

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

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

где  $\rho$  – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 129 \text{ мм}^2$ .

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$У = 1,7 \cdot 1,240 = 2,10 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{эл.} = 2,10 \cdot 0,687 = 1,448 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 680 \cdot 1,448 = 984,93 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{\sigma} = 984,93 \text{ руб.}$$

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

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

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

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

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

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

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

$$Н_{пр} = У \cdot L_{ш} \quad (5.22)$$

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

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

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

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

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

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

где  $\rho$  – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 159$  мм<sup>2</sup>.

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$У = 1,05 \cdot 1,240 = 1,302 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{пр} = 1,302 \cdot 0,687 = 0,894 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{свпр} = 590 \cdot 0,894 = 527,73 \text{ руб.}$$

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

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (5.25)$$

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

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

Норма расхода вычисляется по зависимости:

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

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

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

где  $q_{зг} = 10$  л/мин;

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

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

$Y_{доп.}$  – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва,  $м^3$ .

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

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

$q_{зг}$  – норма расхода газа в единицу времени,  $м^3/\text{мин}$ .

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

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

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

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ZM_{пр} = 527,73 + 0,55 = 528,28 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\text{КПД}} \text{Ц}_{э-э} \quad (5.29)$$

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

$\text{Ц}_{э-э}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

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

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

Для базового варианта технологии

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

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,49}{0,7} 3,02 = 7,61 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

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

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{6,3 \cdot 0,27}{0,75} 3,02 = 6,80 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

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

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

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

$$A_{об}^Б = \frac{40000 \cdot 36,4 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 2,41 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{пр} = \frac{700000 \cdot 20,00 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 23,17 \text{ руб.}$$



Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

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

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

$$P_{тр}^{б} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,18}{1812 \cdot 100} = 1,39 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{700000 \cdot 35 \cdot 0,18}{1812 \cdot 100} = 24,33 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^б = 2,41 + 1,39 = 3,80 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 23,17 + 24,33 = 47,50 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$З_{плоч}^б = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 36,40}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$З_{плоч}^{пр} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 20,0}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,18 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\Phi ЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} \quad (5.34)$$

где  $ЗП_{осн}$  – основная зарплата;

ЗПЛ<sub>доп</sub> - дополнительная зарплата.

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

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

$t_{\text{шт}}$  – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

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

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

$k_{\text{у}} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,60 \cdot 95,29 \cdot 1,79 = 102,34 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,33 \cdot 84,87 \cdot 1,79 = 50,13 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 102,34 \cdot 10/100 = 10,23 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{пр}} = 50,13 \cdot 10/100 = 5,01 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{б}} = 102,34 + 10,23 = 112,57 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{пр}} = 50,13 + 5,01 = 55,14 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{CH}} = \Phi\text{ЗП} \cdot N_{\text{СОЦ}} / 100 \quad (5.38)$$

где  $N_{\text{СОЦ}}$  – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{CH}}^{\text{Б}} = 112,57 \cdot 30 / 100 = 33,77 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{CH}}^{\text{ПР}} = 50,13 \cdot 30 / 100 = 15,04 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости

просуммируем все расходы, найденные выше:

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

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 984,83 + 7,61 + 3,80 + 0,24 + 112,57 + 33,77 = 1142,82 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 528,28 + 6,80 + 47,50 + 0,18 + 55,14 + 15,04 = 652,94 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

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

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

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

где  $k_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

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

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 1142,82 + 102,34 \cdot 2,5 = 1142,82 + 255,85 = 1398,67 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 652,94 + 50,13 \cdot 2,5 = 652,94 + 125,33 = 778,27 \text{ руб.}$$

### Заводская себестоимость

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

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

$k_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент заводских расходов, 1,8

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 1318,84 + 102,34 \cdot 1,97 = 1318,84 + 201,60 = 1520,44 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПП}} = 739,16 + 50,13 \cdot 1,97 = 739,16 + 98,75 = 837,91 \text{ руб.}$$

### Калькуляция себестоимости

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

| Показатели                     | Усл. обозн       | Калькуляция, руб |           |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------|
|                                |                  | базовый          | проектный |
| 2                              | 3                | 4                | 5         |
| Материалы                      | ЗМ               | 984,83           | 528,28    |
| Фонд заработной платы          | ФЗП              | 112,57           | 55,14     |
| Отчисления на социальные нужды | О <sub>СН</sub>  | 33,77            | 15,04     |
| Затраты на оборудование        | З <sub>ОБ</sub>  | 3,80             | 47,50     |
| Затраты на площади             | З <sub>ПЛ</sub>  | 0,24             | 0,18      |
| Затраты на электроэнергию      | З <sub>Э-Э</sub> | 7,61             | 6,80      |
| Себестоимость технологическая  | С <sub>ТЕХ</sub> | 1142,82          | 652,94    |
| Цеховые расходы                |                  | 176,02           | 86,22     |
| Себестоимость цеховая          | С <sub>ЦЕХ</sub> | 1318,84          | 739,16    |
| Заводские расходы              |                  | 201,60           | 98,75     |
| Себестоимость заводская        | С <sub>ЗАВ</sub> | 1520,44          | 837,91    |

### 5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

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

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (1520,44 - 837,91) \cdot 1000 = 682520,30 \text{ руб.}$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = \left[ \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}} \right) - \left( C_{\text{зав}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}} \right) \right] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.44)$$

$$\text{Э}_{\Gamma} = \left[ (1520,44 + 0,33 \cdot 13,39) - (837,91 + 0,33 \cdot 279,4) \right] \cdot 1000 = 594460 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,60 - 0,33}{0,60} \cdot 100\% = 45\%$$

Размер увеличения производительности труда

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

$$\Delta \Pi_{\Gamma} = \frac{100 \cdot 45}{100 - 45} = 75\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (5.47)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{279400}{682520} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

## 5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 45% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 75%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 279400 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 594460 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия ремонта магистральных трубопроводов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ конструктивных особенностей, условий эксплуатации и технологического процесса сварки магистральных трубопроводов показал что главные недостатки базовой технологии низкая степень механизации и автоматизации процесса. Анализ возможных способов сварки стыков магистральных трубопроводов показал, что альтернативой ручной дуговой сварке штучными электродами может быть автоматическая сварка под флюсом. Данная технология за счет механизации и автоматизации обладает более высокой производительностью, расход присадочного материала здесь меньше.

Разработаны типовые технологические процессы сварки стыков магистральных трубопроводов, позволяющие, за счет укрупнения труб в секции в стационарных условиях автоматической сваркой под слоем флюса не только уменьшить расход материалов, но и уменьшить трудоемкость. Корневой слой шва предложено выполнять штучными электродами. Заполнение разделки автоматической сваркой под флюсом. Подобраны параметры технологического процесса сварки стыков.

Для реализации технологических процессов сварки под флюсом проволокой подобрано соответствующее оборудование.

Были выявлены опасные и вредные производственные факторы. Произведён анализ возможности их устранения и уменьшения показал, что стандартные средства обеспечения безопасности обеспечат защиту работников при реализации предложенных технологических решений.

Произведена экономическая оценка разработанных технических решений. Экономический эффект составит свыше 500000 рублей

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ермаков, А.А. Перспективный метод ремонта трубопроводов / А.А. Ермаков, Б.А. Клюк, В.Г. Поляков, А.С. Диденко // Газовая промышленность. – 1989. – №3. С. 45–47.
2. Пейсахов, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
3. Козулин, М.Г. Производство сварных конструкций: Учебн. пособие к дипломному проектированию / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТолПИ, 1991 – 62 с.
4. Князьков, А.Ф. Исследование сварочно-технологических свойств покрытых электродов при сварке модулированным током / А.Ф. Князьков, В.Л. Князьков // Сварочное производство – 2011 - №10 - С. 15-18.
5. Мозок, В.М. Дополнительные особенности технологии дуговой механизированной и автоматической сварки с импульсной подачей электродной проволоки / В.М. Мозок // Сварочное производство – 2010 - №2 - С. 34-38
6. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
7. Лебедев, В.А. Математическая модель формирования капель электродного металла при механизированной дуговой сварке с импульсной подачей сварочной проволоки / В.А. Лебедев // Сварочное производство – 2009 - №7 - С.10-14
8. Мозок, В.М. Ремонт крупногабаритных деталей с использованием управляемой импульсной подачи электродной проволоки / В.М. Мозок, В.А. Лебедев // Сварочное производство – 2007 - №6 - С. 31-34



9. Лебедев, В.А. Особенности сварки сталей с импульсной подачей электродной проволоки / А.В. Лебедев // Сварочное производство – 2007 - №8 - С. 30-35.
10. Павлов, Н.В. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов / Н.В. Павлов, А.В. Крюков, Е.А. Зернин // Сварочное производство – 2010 - №4 - С.27-28
11. Жерносеков, А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка – 2007 - №10. – С. 22-23
12. Жерносеков, А.М. Влияние вылета электрода на параметры шва при импульсно-дуговой сварке сталей / А.М. Жерносеков // Автоматическая сварка – 2004 - №8 – С. 12-15.
13. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
14. Быковский, О.Г. Справочник сварщика / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, В.В. Пешков М.: Машиностроение, 2011. – 336 с.
15. Козулин, М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
16. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
17. Крюков, А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки / А.В. Крюков. Автореферат диссертации кандидата технических наук. - Барнаул: 2008. – 19 с.

18. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин, В.И. Лысак, В.Ф. Лукьянов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
19. Zhang, Y.M. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation / Y.M. Zhang, E. Liguio, R/ Kovacevic // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
20. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки / А.М. Фивейский // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
21. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бuzорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
22. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.
23. Крюков, А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки / А.В. Крюков, Н.В. Павлов, А.А. Зеленковский // Технология машиностроения. 2013. № 7. С. 30—31.
24. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.
25. Ахтимиров, Н.Д. Техничко-экономическое обоснование применения конструкции «труба в трубе» при строительстве и ремонте линейной части магистральных трубопроводов / Н.Д. Ахтимиров, В.Н. Лисин, В.М. Шарыгин // М. : ВНИИЭгазпром. – 1989, вып. 10.
26. Колганов, Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.

27. Гончаров, Н.Г. Ремонт дефектов подводных участков трубопроводов композитными муфтами / Н.Г. Гончаров, Е.В. Лопатин, И.А. Другова и др. // Трубопроводный транспорт. – 2005. – № 2. – С.53–58.
28. Лебедев, В.А. Определение параметров импульсной подачи электродной проволоки при механизированной дуговой сварке и наплавке / В.А. Лебедев // Сварочное производство – 2008 - №8 - С.11-15
29. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
30. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
31. Salter, G. R. Selecting gas mixtures for MIG welding / G.R. Salter // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
32. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
33. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
34. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.