

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки трубопровода отопления

Студент

Д.Р. Мамитов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

## **Аннотация**

Цель выпускной квалификационной – повышение производительности при сварке трубопроводов систем отопления.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи: выбран способ сварки, обеспечивающий повышение производительности; разработан технологический процесс сварки стыков труб систем теплоснабжения; разработаны мероприятия по обеспечению безопасности производственного персонала; проведена экономическая оценка разработанной технологии.

Пояснительная записка содержит 58 стр., 8 рисунков, 6 таблиц. Графическая часть работы содержит 3 листа формата А0 и 2 листа формата А1.

Предложено в процессе монтажа трубопроводов систем отопления применить вместо способа сварки ацетилено-кислородной сварку самозащитной порошковой проволокой.

Разработан типовой технологический процесс сварки стыков труб теплоснабжения, подобрано необходимое оборудование.

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов разработаны мероприятия.

Ожидаемый экономический эффект составит 16539 руб.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание трубопровода теплоснабжения и условий его эксплуатации .....	6
1.2 Базовый технологический процесс сварки трубопровода теплоснабжения .....	10
1.3 Требования к контролю качества .....	15
1.4 Анализ возможных способов сварки трубопровода.....	16
1.5 Задачи работы.....	23
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса .....	30
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	30
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	31
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	34
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	36
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.....	38
4.1 Исходная информация для выполнения экономической..... оценки предлагаемых технических решений.....	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования .....	40
4.3 Расчёт штучного времени .....	41
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии ..	44
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии	49
4.6 Показатели экономической эффективности.....	52
Заключение .....	55
Список используемой литературы и используемых источников .....	56

## Введение

В условиях России жилые дома немислимы без систем отопления. Традиционно система отопления в жилом доме в случае подключения к ТЭЦ или котельной включает в себя теплообменный пункт, как правило, расположенный в подвале, вертикальные стояки и расположенные в квартирах теплообменники.

Важным элементом таких систем являются трубы. Современные варианты построения отопительных систем предусматривают применение металлических труб – медных, из нержавеющей стали, из черного металла. Возможен вариант неметаллических, полимерных труб.

Полимерные трубы могут быть изготовлены из полиэтилена и пропилену. Полимерные трубы должны быть армированы. При этом возникают определенные проблемы при получении сварных соединений. Другой существенный недостаток полипропиленовых труб – проницаемость для кислорода воздуха. Сами трубы от наличия кислорода в теплоносителе не страдают, но металлические детали оборудования для перекачки теплоносителя, клапанов и прочее выходят из строя. Еще один из недостатков полимерных труб – высокий коэффициент термического расширения. Учитывая, что система отопления по определению работает в широком диапазоне температур, данный недостаток является существенным.

Стальные трубы для систем отопления – главное их достоинство прочность как к механическим воздействиям, так и к действию температуры. Однако монтаж такой системы возможен только квалифицированными специалистами с использованием специализированного оборудования. Другим недостатком таких труб является слабая коррозионная стойкость. Для скрытой проводки такой вариант не подходит.

Трубы из нержавеющей сталей требуют проведения монтажа с участием квалифицированных специалистов, специализированного оборудования и зна-

чительно дороже стальных. Еще дороже медные трубы, хотя с монтажом трубопровода с применением фитингов справится специалист низкой квалификации и для работы потребуется набор рожковых ключей. Еще одним недостатком медных трубопроводов отопления является необходимость исключения контакта с другими материалами.

Таким образом, сопоставительный анализ позволил сделать вывод о необходимости применения стальных труб в системах теплоснабжения. Промышленность выпускает такие трубы по ГОСТ 3262—75.

Соединение таких труб выполняется технологией газовой сварки. Однако данный метод соединения характеризуется рядом недостатков. Главный из них – низкая концентрация энергии. По причине данного недостатка получается значительная зона термического влияния, низкая производительность процесса сварки.

Выше концентрация энергии у дуговых способов сварки. Но дуговая сварка штучными электродами требует постоянных остановок для замены израсходованного электрода. Затем требуется рестарт процесса сварки, все это требует затрат времени.

С учетом перечисленного, цель выпускной квалификационной работы определим следующим образом – повышение производительности при сварке трубопроводов систем отопления.

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

### **1.1 Описание трубопровода теплоснабжения и условий его эксплуатации**

Системы теплоснабжения жилого дома можно классифицировать по нескольким признакам. По местоположению источника тепла: централизованные, источником тепла служит ТЭЦ или котельные, обслуживающие несколько зданий; децентрализованные местные – источник тепла котельная, обслуживает одно здание; децентрализованные индивидуальные – источник тепла котельная, обслуживает помещение или группу помещений (квартир).

По способу организации теплоснабжения системы классифицируются: зависимые, в них вода дополнительно используется для хозяйственных нужд; независимые, вода используется только для обогрева.

Во всех системах применяются трубопроводы теплоснабжения, предназначенные для подвода горячей воды в батареи отопления от источника тепла и отвода частично охлажденной воды обратно. В централизованных и децентрализованных местных диаметр вертикального стояка составляет 25 мм (1 дюйм) или 20 мм,  $\frac{3}{4}$  дюйма. Диаметр горизонтального отвода составляет 20 мм ( $\frac{3}{4}$  дюйма). Толщина стенки трубопровода составляет 3 мм. Соединение труб выполняется согласно ГОСТ 16037-80 «Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры» [8]. Реже применяется монтаж трубопровода с использованием резьбовых соединений. Хотя применяемое оборудование при этом проще, трудоемкость и материалоемкость гораздо выше.

Фрагмент рассматриваемой системы теплоснабжения приведен на рисунке 1. Схема подключения радиатора отопления, узел А, рисунка 1 показана на рисунке 2.

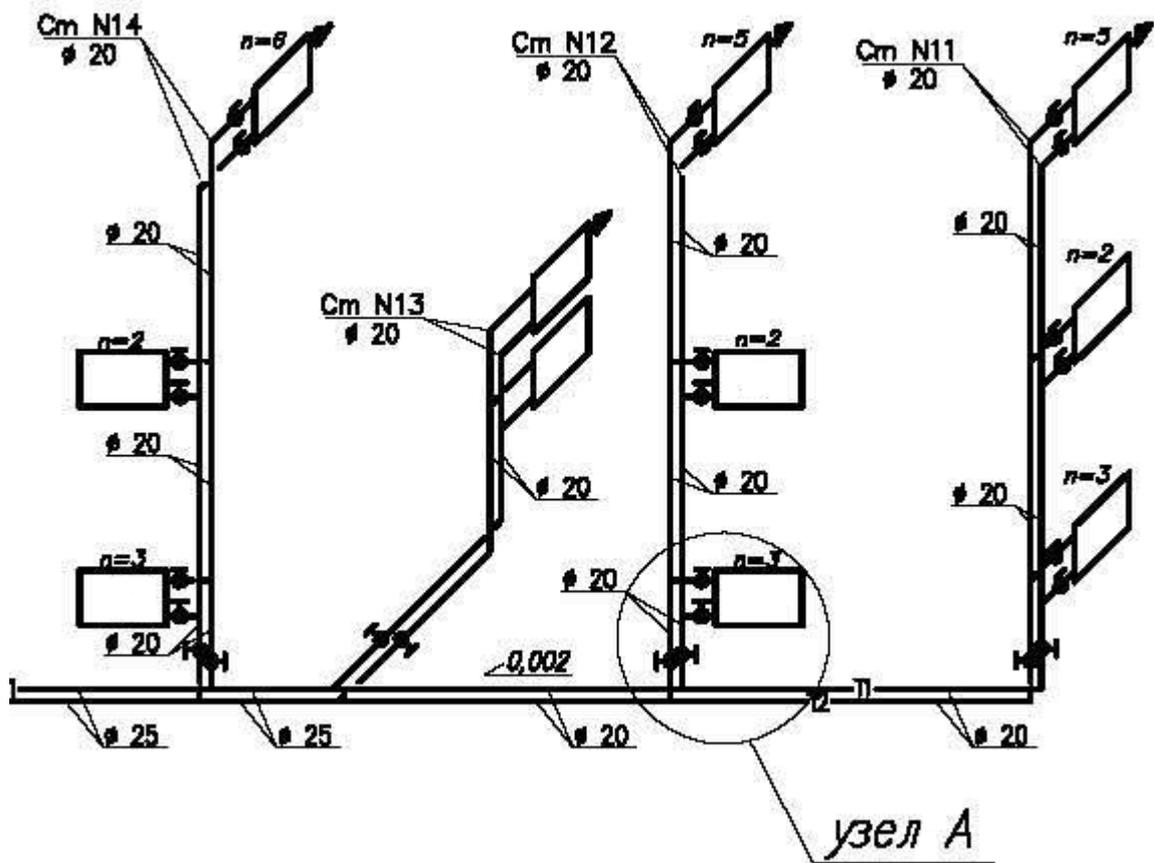


Рисунок 1 – Фрагмент системы отопления многоэтажного многоквартирного дома

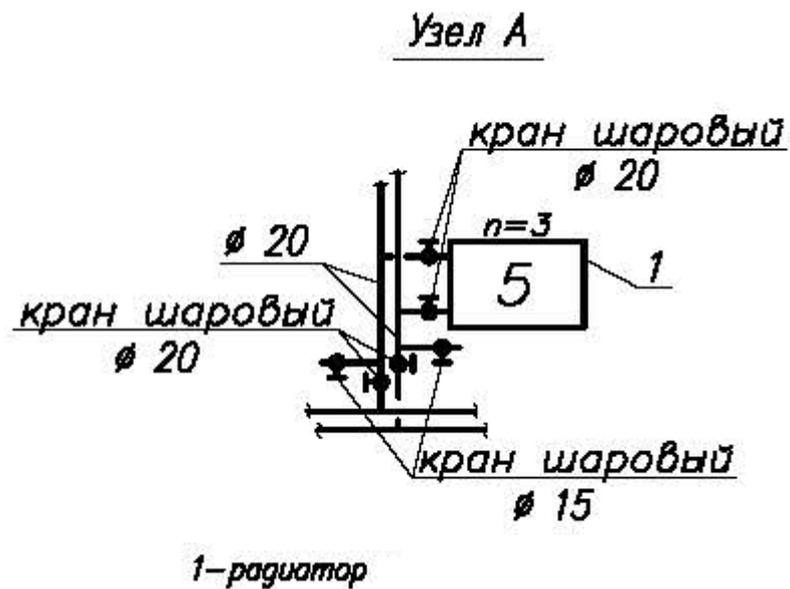


Рисунок 2 – Схема подключения радиатора (Узел А)

Материал труб для систем теплоснабжения в нашем случае - сталь 20. Содержание химических элементов в данной стали отражено в таблице 1, а механические свойства показаны в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 20 в %, согласно ГОСТ 1050-2013.

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

Таблица 2 – Механические свойства стали 20

Временное сопротивление, $\sigma_b$ МПа	Предел текучести, $\sigma_T$ МПа	Относительное удлинение, $\delta_0$ , %
Не менее		
420	250	25

Оценим свариваемость материала конструкции. Основное общее определение свариваемости установлено ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют» [1].

Основой применяемых на практике методов оценки свариваемости является анализ содержания химических элементов в соединяемом металле. Для применяемой в нашем случае при монтаже трубопровода отопления стали 20 содержание химических элементов отражено в таблице 1.1.

Существующие расчетные зависимости позволяют применительно к сталям рассчитать т.н. эквивалент углерода и по его значениям определить, насколько успешно можно получить соединение сваркой.

Например, для применяемых в нашем случае стали 20 указанный расчет можно выполнить по формуле согласно ГОСТ 27772-2015,

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

После расчетов идет сравнение полученных значений показателя эквивалента:

если полученное значение показателя эквивалента углерода не более 0,2 сталь относится к группе хорошо свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода лежит в пределах 0,2...0,35 сталь относится к группе удовлетворительно свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода лежит в пределах 0,35...0,45 сталь относится к группе ограниченно свариваемых;

если полученное значение показателя эквивалента углерода превышает 0,45 сталь относится к группе трудносвариваемых.

В Европе применяют для определения значений величины углеродного эквивалента зависимость:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (2)$$

Стандарты Японии предусматривают расчет по следующей зависимости:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14}, \quad (3)$$

Британский институт сварки предлагает для расчетов зависимость:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Cr + Mo + V}{10} + \frac{Ni}{15}, \quad (4)$$

Хорошо свариваемые стали при получении соединения не требуют подогрева до сварки и во время сварки. Также данные стали не требуют проведения термообработки после сварки.

Расчеты, выполненные по формуле (1) показывают, что эквивалент углерода составляет 0,2 для содержания химических элементов по среднему уровню, приведенному в таблице 1. Следовательно, применяемая для изготовления системы теплоснабжения сталь 20 относится к группе хорошо свариваемых.

## **1.2 Базовый технологический процесс сварки трубопровода теплоснабжения**

Применяемая на предприятии технология предусматривает соединение труб теплоснабжения газовой сваркой.

«Газовая сварка является одним из способов сварки плавлением. Сущность этого способа заключается в том, что для нагревания и плавления свариваемых кромок изделия и присадочного материала используется пламя, получающееся при сжигании горючего газа в смеси с кислородом. При этом сварочное пламя образует вокруг ванны расплавленного металла газовую зону, защищающую его от воздействия окружающего воздуха. В качестве горючего газа чаще всего применяют ацетилен» [7].

Технология сборки и сварки трубопровода предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль; заготовительная; сварка труб; контроль качества.

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;
- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен НТД или ПТД).

Предъявляются следующие технические требования к трубам [10, 11]:

- на поверхности труб не допускаются дефекты в виде: раковин, сквозных разрывов, загрязнений, вкатанных окалин, вздутий, трещин;
- допускаемые дефекты: волнистость и прогиб не более 15 мм / 1000 мм, в противном случае необходима дополнительная правка труб;
- устранение поверхностных дефектов проводится зачисткой (допустимое уменьшение толщины трубы 0,25-0,4 мм);
- на обрезных кромках труб не допускается расслоение, трещины, разрывы;
- расслоение контролируется осмотром кромок.

При заготовительных операциях выполняют: правку труб, разметку, резку, подготовку кромок.

До начала сборки трубопровода мастером проверяется наличие клейм, маркировки, а также сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие блоков, труб и деталей их назначению на всех поступающих на монтажную площадку блоках, трубах и деталях. При отсутствии клейм, маркировки или сертификатов блоки, трубы и детали к дальнейшей обработке не допускаются.

Входной контроль труб и арматуры на строительной площадке включает следующие операции:

- проверку сертификата или паспорта;
- проверку маркировки;
- осмотр труб и арматуры для выявления поверхностных дефектов и повреждений.

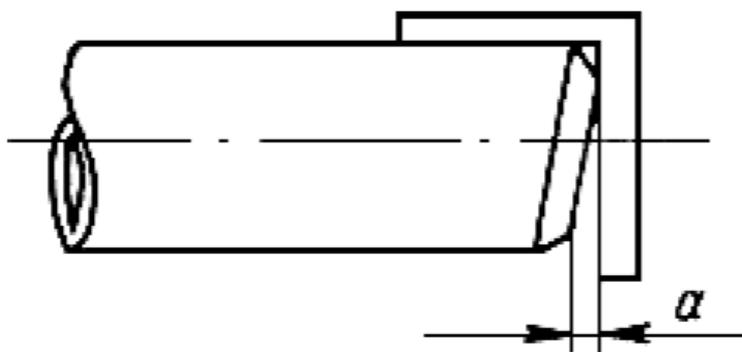


Рисунок 3 – Способ замера перекоса торца трубы угольником

«Следующая операция технологического процесса – это правка свариваемых труб. Трубы зажимаются в тиски. Затем с помощью молотка производится правка. После зачистки производим разметку трубы. Трубу вынимаем из тисков. Укладываем на верстак. Для разметки используем мел, линейку и чертилку. Размечаем трубу согласно требованиям чертежа. Размеченную трубу вновь зажимаем в тиски. И по разметке разрезаем ее. Резка может понадобиться для того, чтобы получить соединяемые участки требуемой длины. Резка лучше механическая» [3].

Подготовленные трубы необходимо переместить к месту монтажа. «Там производим предварительную сборку и прихватку. При сборке для соблюдения размеров согласно чертежа, используем линейку. Предварительно подогреваем металл. Прихватываем в двух точках. Длина прихватки 8—12 мм, высота — не более 1,2 мм. Сварку выполнять 3-мя участками длиной 10—15 мм. Сначала на каждом участке сплавлять кромки (без присадки), а затем наплавлять шов. В процессе сварки конец присадочной проволоки все время должен находиться в ванне расплавленного металла» [3].

При выборе режима сварки надо сначала определить каким пламенем свариваем. Пламя характеризуется соотношением окислителя и горючего газа. Оно может быть нормальным или восстановительным, окислительным и науглероживающим. В нормальном пламени можно рассмотреть три зоны: ядро, среднюю зону (восстановительную) и факел (окислительную). Ядро пламени резко очерчено и плавно закругляется на конце, рисунок 4.



Рисунок 4 – Зоны газового пламени

При избытке горючего (науглероживающее пламя) размеры пламени увеличиваются, ядро теряет резкость очертания, а граница между средней зоной и факелом исчезает, рисунок 5. При значительном избытке горючего пламя удлиняется, становится желтым и коптящим.

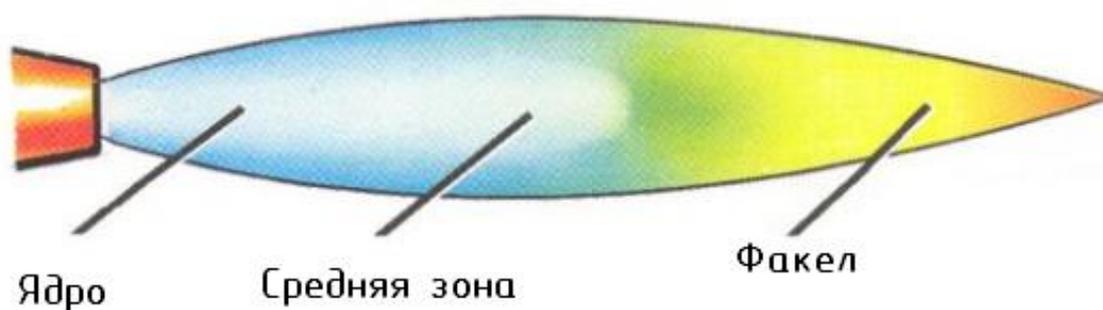


Рисунок 5 – Науглероживающее пламя

Окислительное пламя, соотношение кислорода и ацетилена 1,3:1,5, температура 3100—3300 применение: пайка и сварка латуни, поверхностная закалка, огневая очистка поверхности, разделительная резка.

На данном строительном объекте сварку трубопровода отопления выполняем нормальным пламенем.

Для ацетилено-кислородной сварки стали 20 применяется проволока Св-08, Св-08А или Св-08АА.

Перед прихваткой и сваркой следует подогреть металл горелкой для выравнивания температур. Собранные под сварку стыки прихватывать не менее чем в двух точках. Длина прихватки 8—12 мм, высота — не более 2/3 толщины металла. Сварку выполняют участками длиной 10—15 мм. Сначала на каждом участке сплавляют кромки (без присадки), а затем наплавляют шов и т. д. В процессе сварки конец присадочной проволоки все время должен находиться в ванне расплавленного металла во избежание насыщения шва кислородом и азотом воздуха.

«Тепловую мощность сварочного пламени определяем расходом ацетилена, проходящего за один час через горелку. Она регулируется сменными наконечниками. Мощность определяют по эмпирической формуле  $Q_a = A \cdot S$ , где  $Q_a$  – расход ацетилена,  $\text{дм}^3$ ;  $S$  – толщина металла, мм;  $A$  – коэффициент, определяемый опытным путем,  $\text{дм}^3/(\text{г} \cdot \text{мм})$ . Для углеродистых сталей  $A=100-130$ . Таким образом расход ацетилена определим  $Q_a=(100\dots130) \cdot 2= 200\dots260$  литров в час. Учитывая, что пламя мы выбрали нормальное, расход кислорода  $Q_k$  составит:  $Q_k= Q_a/1,3=153\dots200$  литров в час» [3].

«Поворотные вертикальные стыки сваривать в одном направлении при полувертикальном расположении наконечника горелки, постепенно поворачивая трубу; неповоротные — сваривать снизу вверх с каждой стороны трубы, смещая начало и конец шва от вертикальной оси» [3].

«Наряду с ацетиленом для прихватки и сварки тонкостенных стальных трубопроводов используют сжиженную пропан-бутановую смесь. Для этого

необходимы стальная проволока марки Св-12ГС диаметром 3—4 мм (Св-10ГС, Св-08ГС) и специальные горелки ГЗУ-2-62, ГЗУ-2-9М и др. Можно также использовать серийные ацетилено-кислородные горелки со специальными мундштуками» [3].

«Сварку выполнять не ядром пламени, а восстановительной зоной, на расстоянии 4—8 мм от ядра. Концом проволоки и движением горелки тщательно перемешивать металл ванны для облегчения выхода газов и шлака. Обеспечивать постоянное опережение плавления кромок перед заполнением ванны металлом. Поступательное движение пламени сопровождать поперечными колебаниями горелки. Угол наклона горелки 45—60°, прутка 35—40° к оси шва» [3].

Применение пропан-бутановой смеси позволяет экономить ацетилен.

По окончании сварки стыка производится контроль. Требования к контролю качества изложены в разделе 1.3. настоящей работы.

### **1.3 Требования к контролю качества**

В процессе изготовления трубопроводов отопления необходимо осуществлять систематический контроль качества сварочных работ и сварных соединений, предварительный контроль (включая входной контроль), операционный контроль и приемочный контроль сварных соединений

Результаты предварительного и операционного контроля должны оформляться отдельными документами или фиксироваться в журналах организации, выполняющей этот контроль.

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения независимо от марки стали, категорий типа сварного соединения, назначения и условий работы, включая сварные соединения, не работающие под давлением (приварка к трубам шипов, элементов опор, подвесок и др.).

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверх-

ность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4—7-кратного увеличения для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта — с помощью мерительных инструментов.

Кроме визуального предусмотрен еще контроль на герметичность, гидроиспытаниями. Не допускаются протечки, отдельные капли.

#### **1.4 Анализ возможных способов сварки трубопровода**

Если рассмотреть классификацию способов сварки согласно ГОСТ 19521-74 «Сварка металлов. Классификация», сварка классифицируется по группам признаков на физические, технические и технологические. По физическим группам признаков сварка подразделяется на классы: термический, термомеханический и механический. Если рассмотреть термический класс сварки, то он может быть реализован посредством таких видов сварки как: дуговая,

электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменно-лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная [19].

Анализ начнем с применяемого способа сварки при нагреве пламенем от сгорания в кислороде различных углеводородов. Характерной особенностью данного вида сварки является простота оборудования. Кроме того, возможность регулирования в широких пределах механических воздействий пламени является важным фактором управления формированием шва, особенно при сварке в различных пространственных положениях.

Серьезным достоинством газовой сварки является отсутствие магнитных полей, которые имеют место при дуговых процессах сварки и могут отрицательно сказываться на качестве швов.

Существенными недостатками газовой сварки по сравнению с дуговой является сравнительно низкая производительность процесса, относительно высокая стоимость сварочных материалов и повышенная степень взрывоопасности в связи с использованием горючих газов, кислорода, ацетиленовых генераторов и баллонов под высоким давлением.

Дуговая сварка. Это сварка плавлением, при которой нагрев осуществляют одной или несколькими электрическими дугами. Различают сварку плавящимся и неплавящимся электродами.

В настоящее время, несмотря на разработки в направлении применения новых источников нагрева при наплавке, электрическая дуга занимает ведущее положение в сварке металлов благодаря простоте возбуждения, поддержания и регулирования, широкому диапазону мощностей, высокой эффективности нагрева, реакции на различные условия существования и внешние воздействия.

Сварочная дуга относится к типу дуг высокого давления. Это короткая дуга, у которой длина разрядного промежутка и поперечные размеры столба — величины одного порядка, обычно измеряемые несколькими миллиметрами. Величина силы тока в большинстве случаев равна нескольким десяткам или сотням ампер и достигает иногда 1500–2000 А и более. Напряжение сварочной

дуги вследствие малой ее длины и большой силы тока изменяется обычно в пределах 20–45 В. В пространстве между электродами, имеющем очень малый объем (обычно до 0,5 см<sup>3</sup>), происходит преобразование в теплоту электрической энергии мощностью 2–70 кВт, в результате чего электроды сильно нагреваются, плавятся и испаряются.

В дуге при сварке плавящимся электродом, помимо потоков плазмы и пара, присутствуют и потоки капель переносимого расплавленного металла.

Электрическая сварочная дуга, как и другие виды самостоятельных установившихся разрядов, характеризуется резко неравномерным распределением потенциала между электродами. В областях, примыкающих к электродам дуги, названных катодной и анодной, несмотря на малую протяженность ( $I_k$  и  $I_a$ ), напряжения  $U_k$  и  $U_a$  значительны. В остальной части разряда, расположенной между этими областями и названной столбом дуги ( $I_c$ ), напряженность поля сравнительно невелика.

Температура газа в анодной области падает на несколько тысяч градусов от температуры столба  $T_c$  до температуры поверхности активного пятна анода. Большинство металлических анодов, кипящих при температуре ниже 4000 К, испаряется в зоне активных пятен под действием теплоты дуги, поэтому перепад температур  $\Delta T$  в анодных областях в таких случаях может быть найден из уравнения

Следует проанализировать виды дуговой сварки, которые могут быть применены к сварке трубопровода отопления. Дуговая сварка может быть реализована несколькими способами.

В настоящее время широко применяется такой способ электродуговой сварки, как сварка покрытыми штучными электродами, рисунок 6.

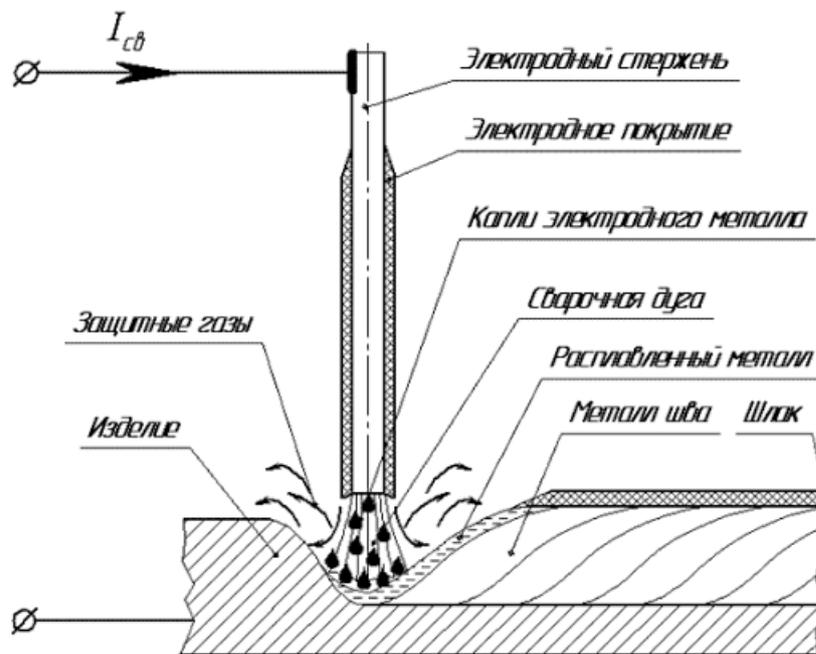


Рисунок 6 – Схема сварки покрытыми электродами

Рассмотрим подробнее сварку штучными электродами. Ручная электродуговая сварка штучными электродами целесообразна при выполнении коротких швов в конструкциях со стыковыми, угловыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть до 50 и более мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [2, 3].

Доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и за-

ставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостатком следует признать зависимость качества сварки от профессионализма и кондиции сварщика.

Один из недостатков сварки штучными электродами, такой как низкая производительность, устраняется применением механизации процесса подачи присадочного материала в зону горения дуги.

Механизированную сварку производят на постоянном токе, полярность обратная, рисунок 7.

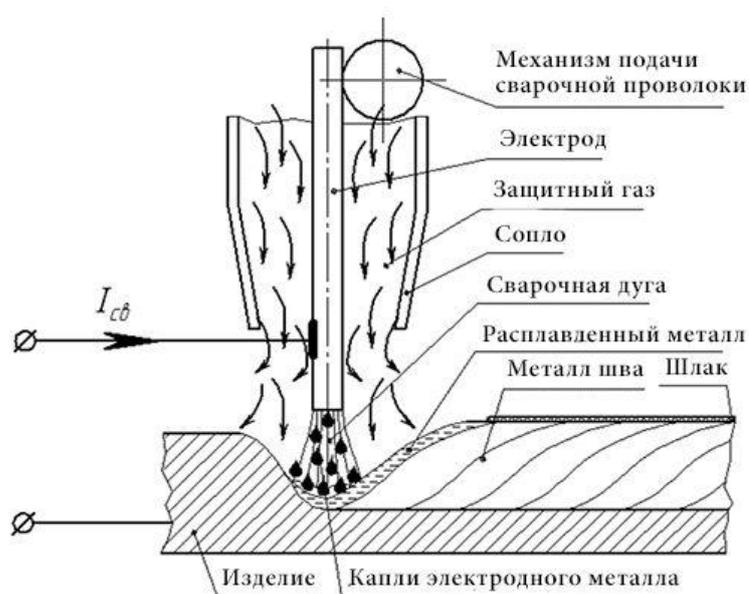


Рисунок 7 – Схема осуществления механизированной сварки в среде защитного газа

Электродную проволоку выбирают исходя из условий работы свариваемого изделия. Чаще всего это проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния [16]. Это нужно для обеспечения одинакового химического состава наплавленного валика сварного шва и основного металла.

Марганец и кремний в результате их высокого сродства к кислороду выгорают. Скорость сварки выбирается исходя из геометрических параметров детали (толщины изделия).

Достоинства сварки в защитном газе: меньшее проплавление основного металла и как следствие более однородная структура металла шва, эксплуата-

ционные характеристики наплавленного металла на порядок выше, чем при наплавке с помощью покрытых электродов, возможность проводить процесс сварки в различных пространственных положениях, высокая степень производительности и механизации [14].

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: 1) наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика); 2) повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла); 3) низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин); 4) Высокие требования к настройке оборудования.

Главным достоинством сварки неплавящимся электродом, рисунок 8, является высокая степень концентрация тепловой энергии в дуге. Другим достоинством является возможность автоматизации процесса сварки. К третьему достоинству следует отнести низкое разбрызгивание присадочного металла.

Недостатки способа: 1) высокая стоимость расходных материалов. 2) необходимость применения специального оборудования. 3) требование высокой квалификации сварщика.

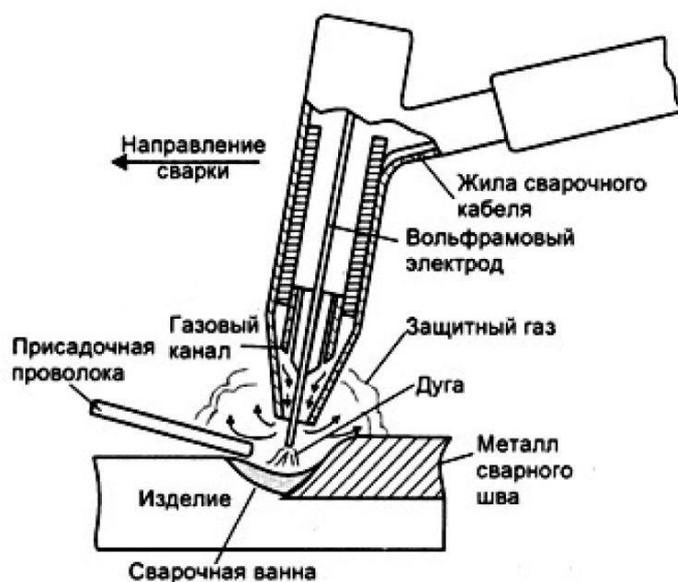


Рисунок 8 - Схема осуществления сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа

Устранить приведенный здесь такой недостаток механизированной сварки в газовых смесях как малая подвижность сварщика можно применив способ сварки порошковой проволокой, рисунок 9.

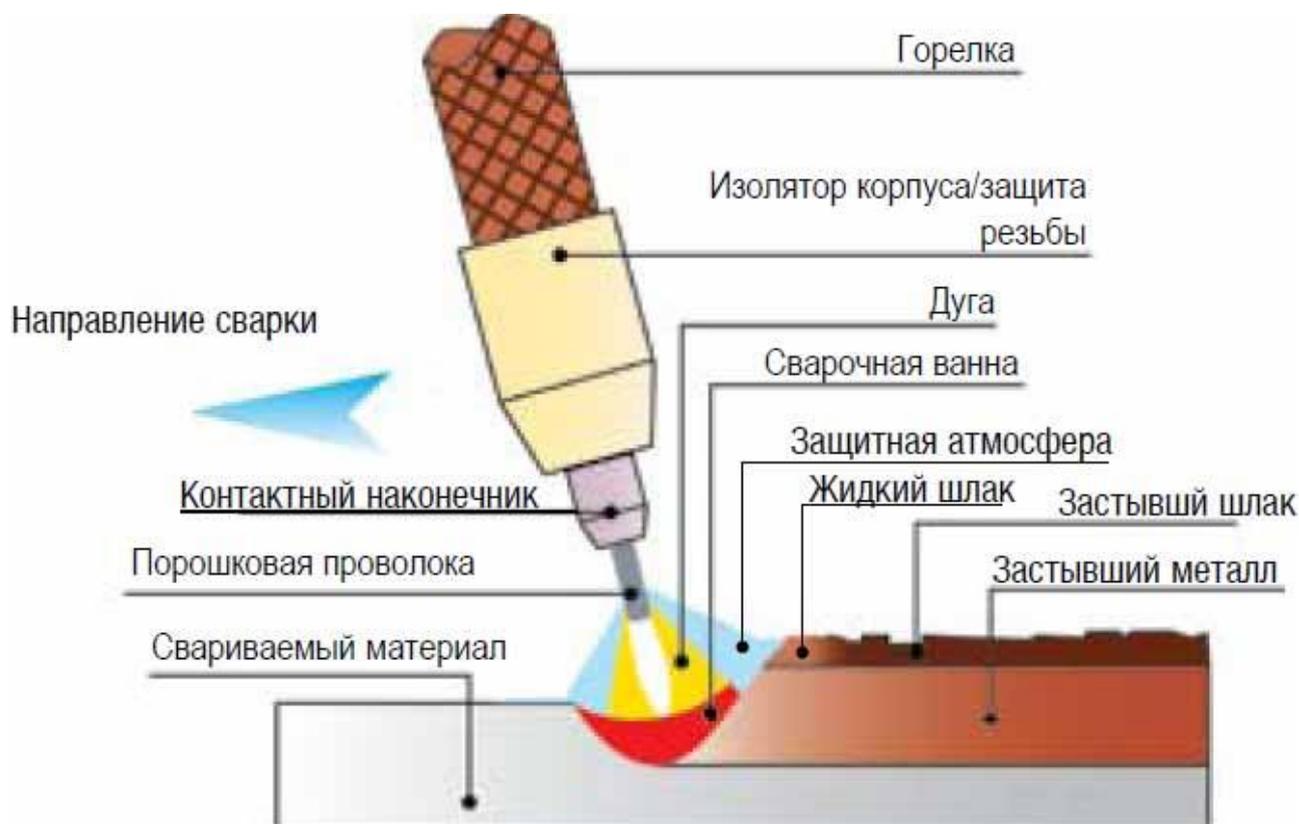


Рисунок 9 – Способ сварки порошковой проволокой

Порошковая проволока по сути является вывернутым наизнанку штучным электродом, рисунок 10.

Она может применяться при обеспечении газовой защиты зоны горения дуги и без газовой защиты – самозащитная проволока. При сварке вариантом самозащитной проволоки такой недостаток механизированной сварки как малая подвижность сварщика устраняется.

Сопоставительный анализ возможных способов сварки позволяет сделать вывод о том, что для выполнения сварных швов трубопровода теплоснабжения лучше применить способ механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой.

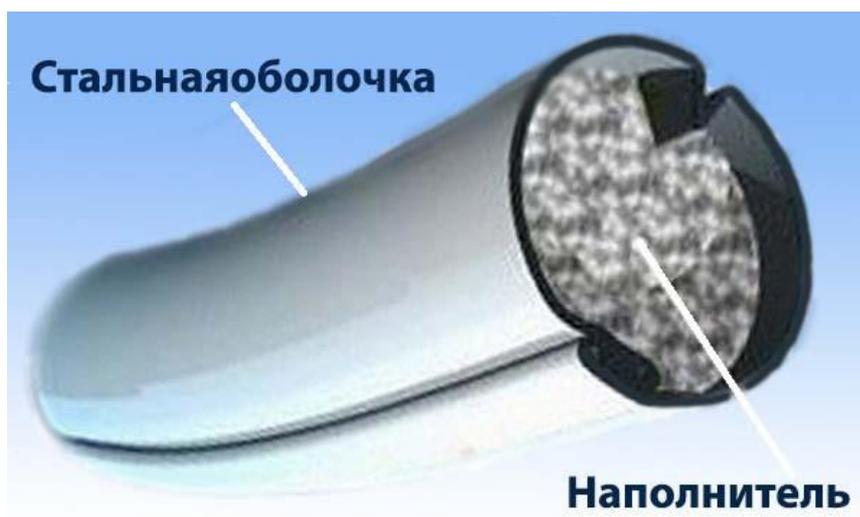


Рисунок 10 - Порошковая проволока

### 1.5 Задачи работы

Применяемый на предприятии базовый технологический процесс сварки трубопровода отопления характеризуется такими достоинствами как дешевое оборудование. Недостатками базового технологического процесса, выполняемого с применением ацетилено-кислородной сварки с подачей присадочной проволоки вручную, является существенное снижение производительности выполнения работ по сравнению с более перспективными способами сварки (механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка в защитных газах порошковой проволокой и сварка самозащитной порошковой проволокой). Следствием перечисленных недостатков является высокая стоимость сварочных работ при монтаже трубопровода отопления. Повышение эффективности строительства трубопроводов отопления заставляет искать более эффективные способы сварки, позволяющие повысить производительность выполнения работ на трубопроводах. Также необходимо повышение стабильности качества и бездефектности сварных соединений труб, что положительно скажется на ресурсе трубопровода. При проектировании технологии выполнения сварных стыков предпочтение следует отдавать соеди-

нениям и способам, основанным на механизации процесса.

Избавиться от перечисленных недостатков можно перейдя на дуговой вариант сварки и применив механизацию технологического процесса. Из возможных вариантов механизированной дуговой сварки наиболее подходящим является механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- обосновать замену ацетилено-кислородной сварки трубопровода на более производительный способ и обеспечивающий большую стабильность качества;

- повысить эффективность предложенного способа сварки применительно к рассматриваемому случаю сварки трубопровода;

- назначить параметры режима и сварочные материалы;

- составить технологический процесс сварки трубопровода отопления.

- следует оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал, разработать мероприятия по обеспечению безопасности производственного персонала

- также следует определить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки.

## 2 Проектный технологический процесс сварки

По результатам анализа возможных вариантов сварки принято решение остановиться на сварке порошковой самозащитной проволокой, процесс FCAW-SS. Применение именно самозащитной порошковой проволоки позволяет повысить мобильность сварщика. Перемещать по территории строящегося здания необходимо только лишь сварочный аппарат. В рамках импортозамещения порошковую проволоку начали производить в России, завод “Межгосметиз-Мценск”. Предприятие входит в состав Lincoln Electric. Для материала трубопровода, сталь 20 подходящим вариантом является порошковая проволока Innershield NR-152. Данная проволока дешевле, чем оригинальная этой компании. Очевидным плюсом данного присадочного материала является возможность сварки оцинкованной стали. Таким образом можно выполнять сварку трубопроводов, в том числе, из оцинкованной стали.

Качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264. Упаковка сварочных материалов должна быть проверена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки. Очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской. При намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов. Сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными.

Определение силы сварочного тока при сварке порошковыми проволоками возможно по расчетной зависимости [13]:

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot j}{4} \quad (5)$$

$d_3$  – диаметр электродной проволоки;  $j$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (при сварке самозащитной проволокой принимается 45-60).

Завод “Межгосметиз-Мценск” выпускает 2 варианта диаметров данной проволоки, 1,6 мм и 1,7 мм. По результатам расчета силы сварочного тока по зависимости (5) и рекомендаций производителя проволоки составлена таблица 3, в которой отражены параметры режимов сварки для данных диаметров.

Таблица 3 – Параметры режимов сварки проволокой Innershield NR-152.

Диаметр, порошковой проволоки $d_3$ , мм	Сварочный ток $I_{св}$ , А	Напряжение дуги $U_0$ , В	Скорость подачи проволоки $v_{np}$ , м/ч	Длина вылета электродной проволоки $l_{в.э}$ , мм	Коэффициент наплавки $\alpha_n$ , г/А·ч
1,6	90-120	20-22	100	15-20	12,5
1,7	100-130	22-24	120	15-20	13,0

Хотя производительность выше у диаметра 1,7 мм, выбираем диаметр 1,6 мм.

Для повышения производительности труда в процессе сварки трубопровода отопления разработано приспособление для предварительной сборки и приварки штуцеров трубопровода, рисунок 11.

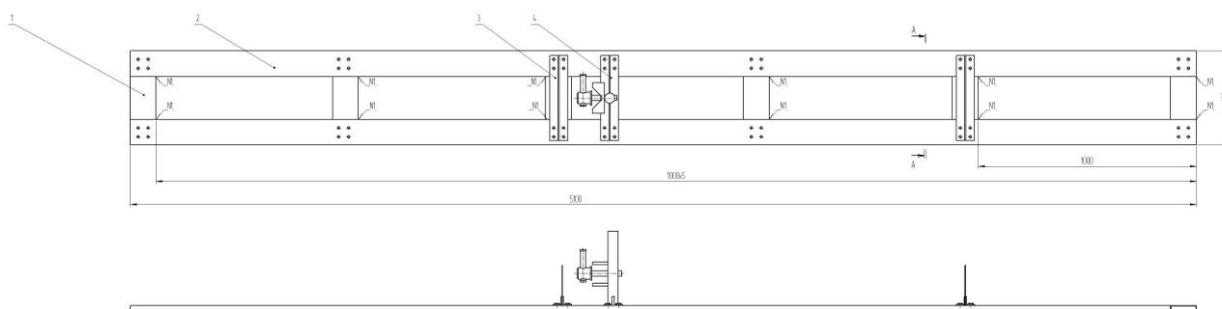


Рисунок 11 – Общий вид приспособления

Конструктивно приспособление выполнено из двух продольных швеллеров, шести поперечных швеллеров. В продольном швеллере выполнены отверстия для крепления фиксаторов трубы и фиксатора штуцера. Крепление фикса-

торов трубы выполнено с возможностью перестановки фиксаторов в зависимости от производственной ситуации. Всего групп отверстий выполнено 6.

В процессе сборки и приварки штуцеров на ложементы приспособления, позиция 3 укладывается труба, затем перпендикулярно трубе устанавливается фиксатор, позиция 4 штуцер, перемещая трубу отверстие в трубе устанавливается соосно со штуцером, затем прижимается винтовым прижимом штуцер по месту.

Выполняется сварки трубы со штуцером.

В процессе выполнения сварного соединения выполняется проверка:

- режима сварки;
- последовательности наложения швов;
- размеры накладываемых швов;
- выполнение специальных требований, предписанных документацией.

По окончании сварки выполняется контроль внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100 %.

Затем трубы с приваренными штуцерами отправляют на место монтажа.

После монтажа трубопровода следует операция прихватки.

Затем следует операция сварки стыка. Сварку порошковой проволокой начинать при вылете проволоки 12-15 мм. После зажигания дуги вылет должен быть увеличен до 15-20 мм. В потолочном положении рекомендуется увеличить вылет проволоки до 20-25 мм.

При заполнении кольцевой разделки угол наклона горелки в процессе сварки постоянно меняется:

- в положении 12 час. угол должен составлять 0 градусов;
- при движении от 12 час. до 3 час. угол наклона горелки постепенно увеличивается до 15 градусов;
- от 3 час. до 5 час. угол наклона горелки постепенно уменьшается и доводится до 0 градусов (перпендикулярно телу трубы);
- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и посте-

пенно угол доводится до 15 град, «углом вперед».

Режимы сварки порошковой проволокой устанавливать на источнике питания согласно таблицы 3.

Скорость сварки следует отрегулировать так, чтобы поддерживать соответствующую форму валика и контролировать сварочную ванну. Слишком низкая скорость может принести к повышенному разбрызгиванию сварочной ванны, возникновению пористости и шлаковых включений. Слишком высокая скорость сварки может привести к несплавлению кромок и неблагоприятной форме шва. Рекомендуемая скорость сварки - 14...20 м/ч.

В случае рестарта (возобновления процесса сварки) после обрыва дуги сварка начинается с верхней части предварительно очищенного от шлака кратера, кратер заполняется с малыми колебаниями проволоки и после этого сварка продолжается с нужной скоростью.

Сварка выполняется за один проход. Сварной шов должен перекрывать основной металл на величину 1-3 мм без образования подрезов и непроваров по кромкам. Шов и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистой обработке проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг.

Контроль качества сварных соединений для трубопровода производится на герметичность, после окончания сварки всех швов.

Промышленность предлагает широкий выбор сварочного оборудования для механизированной сварки, в том числе и порошковыми проволоками.

Анализ позволяет остановить выбор на полуавтомате Aurora SPEEDWAY 250. Это инверторный полуавтомат. Сварочный ток (MIG/MAG) составляет 40-250 А, что нас устраивает, ПВ – 30%. Вес 23 кг, и катушка для проволоки встроенная, а это значит, что его можно легко перемещать, важно это, так как монтаж трубопровода отопления ведется в зданиях на разных этажах. Этот полуавтомат обеспечивает сварку в заданной среде, обеспечивает сварку заданным по технологии диаметром сварочной проволоки и с требуе-

мой по технологии силой сварочного тока. Длина шланга данного автомата составляет 3 метра. Диаметр катушки с проволокой возможен до 300 мм. Катушка с проволокой открытая.

В целом полуавтомат выглядит следующим образом, рисунок 12.



Рисунок 12 – Полуавтомат сварочный Aurora SPEEDWAY 250.

### **3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при сварке трубопровода отопления. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой с применением источника питания сварочной дуги Aurora SPEEDWAY 250. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 6: 1) входной контроль (для выполнения операции применяются, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); 2) заготовительная операция (для выполнения операции применяются линейка металлическая, рулетка, баллон с кислородом, баллон с ацетиленом, резак; 3) предварительная сварка (для выполнения операции применяются струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка, сборочное приспособление); 4) окончательная сварка после монтажа труб непосредственно в здании (для выполнения операции применяются сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); 5) контроль качества (для выполнения опе-

рации применяется набор визуально-измерительного контроля, набор для проведения капиллярного контроля).

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) входной контроль	Дефектоскопист	линейка металлическая, штангенциркуль, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) заготовительная	Слесарь-сборщик	линейка металлическая, рулетка, баллоны с кислородом и ацетиленом, резак	Рукавицы, кислород, ацетилен
3) предварительная сварка	Электросварщик	струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, зачистная машинка, приспособление	Рукавицы, сварочная проволока.
4) окончательная сварка	Электросварщик	сварочный полуавтомат, сварочный источник питания	Рукавицы сварочная проволока
5) контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, набор капиллярного контроля	Кисточка, жидкости №1 и №2

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, таблица 7. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зави-

сит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
2) заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки изделия;</li> <li>- инструменты</li> </ul>
3) предварительная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой производственной среды,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- струбицы;</li> <li>- угольник;</li> <li>- линейка;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>- зачистная машинка;</li> <li>- сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия;</li> <li>- приспособление</li> </ul>

## Продолжение таблицы 7

1	2	3
4) окончательная сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный полуавтомат;</li> <li>- сварочный источник питания;</li> <li>сварочная дуга;</li> <li>- сварочный аэрозоль;</li> <li>- нагретые края изделия</li> </ul>
5) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>	

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 8 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда

Продолжение таблицы 8

1	2	3
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) токсичность применяемых растворов №1 и №2	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под

напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 9, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 10.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 9 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
«Участок, на котором осуществляется сборка и сварка»	«Источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, кран стреловой, машинка шлифовальная»	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)»	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него».	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения».

Таблица 10 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Первичные средства пожаротушения	Нет необходимости	Стационарные установки пожаротушения	Средства индивидуальной защиты и спасения людей
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения	Нет необходимости	Средства пожарной автоматики	Средства индивидуальной защиты и спасения людей
Нет необходимости	Пожарное оборудование	Нет необходимости	Пожарный кран	Пожарный инструмент (механизированный)
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей	Нет необходимости	Пожарный кран	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Ведро конусное, лом, лопата штывковая	Пожарное оборудование	Нет необходимости	Пожарный кран	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Кнопка оповещения	Пожарное оборудование	Нет необходимости	Пожарный кран	Пожарные сигнализация, связь и оповещение

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 11.

Таблица 11 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки трубопровода отопления (механизованная сварка самозащитной порошковой проволокой)	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [24].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [24].

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию, таблица 12 этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 13 от этих факторов.

Таблица 12 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка трубопровода отопления	Заготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи	Химикаты, используемые в процессе проведения капиллярного контроля.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 13 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек индикаторных жидкостей при проведении капиллярного контроля.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки трубопровода отопления позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). Предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

## **4 Оценка экономической эффективности проектной технологии**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В настоящей выпускной квалификационной работе предложено для повышения эффективности сварки трубопровода отопления применить современные достижения сварочной науки в области механизации процесса сварки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе полуавтомата Aurora SPEEDWAY 250. Это инверторный полуавтомат моноблочного типа.

Базовый вариант технологии предполагает использование ацетилено-кислородной сварки. Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах порошковой проволокой Innershield NR-152..

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки. Впоследствии сварные соединения трубопровода отопления эксплуатируются без образования сквозных дефектов большой срок.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции днища резервуара.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 14.

Таблица 14 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициента для расчёта доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Принятые значения коэффициента для расчёта отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
Принятые значения коэффициента для расчёта отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Принятые значения коэффициента выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	15000	75000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициента для расчёта нормы амортизации оборудования	$Н_{а}$	%	21,5	21,5
Принятые значения для расчёта коэффициента транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Принятые значения для расчёта коэффициента затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	11	11
Принятые значения коэффициента стоимости эксплуатации площадей	$C_{\text{эсп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	$P/m^2$	30000	30000
Принятые значения коэффициента для расчета нормы амортизации производственных площадей	$Ha.пл.$	%	5	5
Принятые значения коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
Принятые значения коэффициента эффективности капитальных вложений	$En$	-	0,33	0,33

#### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, см. табл. 4.1: суммарное число рабочих дней в календарном году  $D_p = 277$  дней, длительность рабочей смены  $T_{\text{см}} = 8$  часов, количество предпраздничных дней  $D_{\text{п}} = 7$  дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни  $T_{\text{п}} = 1$  час, принятое для рассматриваемого технологиче-

ского процесса число рабочих смен  $K_{см} = 1$ . Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени  $B = 7 \%$ :

$$F_{э} = F_{н}(1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

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

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время  $t_{шт}$  является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени  $t_{маш}$ ; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени  $t_{всп}$ ; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования)  $t_{обсл}$ ; времени  $t_{отд}$  на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени  $t_{п-з}$ :

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}. \quad (3)$$

По базовому варианту расчет машинного времени выполним исходя из скорости сварки в технологической карте и длины сварного соединения.

$$t_o = \frac{60 \cdot L_{ш}}{V_{св}} \quad (4)$$

Для проектного варианта машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва, коэффициента наплавки и величины сварочного тока.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_o = \frac{60 \cdot M_{наплмет} \cdot L_{ш}}{I_{св.} \cdot \alpha_{напл}}, \quad (5)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4) и (5), составит:

$$t_{машб} = \frac{0,062}{0,37} = 0,166 \text{ час} = 1,0 \text{ мин.}$$

$$t_{машпр} = \frac{60 \cdot 0,05 \cdot 0,062}{210 \cdot 9} = 0,08 \text{ час} = 0,5 \text{ мин.}$$

Штучное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{штб} = 1,0 + 0,1 + 0,05 + 0,08 + 0,01 = 1,24 \text{ мин} = 0,02 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 0,5 + 0,05 + 0,025 + 0,04 + 0,005 = 0,62 \text{ мин.} = 0,01 \text{ час.}$$

Годовая программа  $\Pi_T$  выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени  $F_o$  и согласно

(3) штучного времени  $t_{шт}$ :

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы  $П_r=2000$  стыков трубопровода отопления в год. Это 4х подъездный 9ти этажный дом.

При этом необходимое количество  $n_{об.расч}$  оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента  $K_{вн}$  выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем  $K_{вн} = 1,03$ ):

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{F_э \cdot 60} \quad (6)$$

Требуемое количество оборудования  $n_{расч}$  для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (6), составляет:

$$n_{об.расчетнб} = \frac{2000 \cdot 1,24}{2054 \cdot 60} = 0,02шт$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{2000 \cdot 0,62}{2054 \cdot 60} = 0,01шт$$

Необходимое количество оборудования  $n_{пр}$ , которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (6) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ( $n_{пр} = 1$ ). Коэффициент  $K_з$  загрузки оборудования в этом случае составит:

$$k_з = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (7)$$

Значения коэффициентов загрузки  $K_z$  для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$k_{зб} = \frac{0,02}{1} = 0,02$$

$$k_{зпр} = \frac{0,01}{1} = 0,01.$$

#### **4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии**

При получении сварных соединений деталей днища резервуара вертикального требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии комбинированный технологический процесс сварки балки характеризуется расходом штучных электродов по способу MMA. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс на базе способа MIG/MAG характеризуется расходом защитной смеси газов и сварочной проволоки.

Затраты  $M$  на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{ТЗ}$  транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{ТЗ}, \quad (8)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (8) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$3M_{б} = 9,99 \text{ руб.}$$

$$3M_{пр} = 6,21 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы  $Z_{осн}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с

учётом штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента  $K_d$  доплат:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot k_{зпл} \quad (9)$$

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (9) составляет:

$$Z_{оснБАЗ} = 0,02 \cdot 200 \cdot 1,79 = 3,58 \text{ руб.}$$

$$Z_{оснПР} = 0,01 \cdot 200 \cdot 1,79 = 1,79 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента  $K_{доп}$  дополнительных доплат ( $K_{доп} = 12\%$ ):

$$Z_{доп} = \frac{K_{доп}}{100} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (10) после подстановки значений составляет:

$$ЗПЛ_{допБАЗ} = 3,58 \cdot 12/100 = 0,42 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{допПР} = 1,79 \cdot 12/100 = 0,21 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы  $\Phi ЗП$  вычисляется как сумма основной  $Z_{осн}$  и дополнительной  $Z_{доп}$  работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{БАЗ} = 3,58 + 0,42 = 4,0 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 1,79 + 0,21 = 2,0 \text{ руб.}$$

Объём отчислений  $O_{CH}$  из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента  $K_{CH}$  отчислений на социальные нужды:

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot K_{CH} / 100 \quad (11)$$

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (11) соответствующих значений:

$$O_{CHБАЗ} = 4,00 \cdot 30 / 100 = 1,20 \text{ руб.}$$

$$O_{CHПР} = 2,00 \cdot 30 / 100 = 0,60 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{об}$  на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат  $A_{об}$  на амортизацию и  $P_{эз}$  на электрическую энергию для проектного варианта:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{эз}. \quad (12)$$

Величина  $A_{об}$  амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования  $C_{об}$ , нормы амортизации  $H_a$ , машинного времени  $t_{маш}$ , и эффективного фонда времени  $F_э$  с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{об}}{F_э \cdot 100}. \quad (13)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (13) соответствующих значений, составляет:

$$A_{обБАЗ} = \frac{4000 \cdot 18 \cdot 1}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{обпр}} = \frac{75000 \cdot 18 \cdot 0,5}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

Затраты  $Z_{\text{э}}$  на электрическую энергию по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования  $M_{\text{уст}}$ , цены электрической энергии  $C_{\text{э}}$  для предприятий, машинного времени  $t_{\text{маш}}$  и КПД оборудования:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} C_{\text{э-э}}. \quad (14)$$

Рассчитанные после подстановки в (14) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по проектному варианту технологии составляют:

$$Z_{\text{э-ЭПР}} = \frac{6,3 \cdot 0,08}{0,75} 3,02 = 2,02 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{оббаз.}} = 0,01 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 0,05 + 2,02 = 2,07 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость  $C_{\text{тех}}$  рассчитывается как сумма затрат на материалы  $M$ , фонда заработной платы  $\Phi ЗП$ , отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$  и затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$ :

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сн}} + Z_{\text{об}} \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 4,00 + 1,20 + 0,01 = 15,20 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроктн.}} = 6,21 + 2,00 + 0,60 + 2,07 = 10,88 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость  $C_{\text{цех}}$  рассчитывается с учётом технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{цех}}$  цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (16)$$

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 15,20 + 1,5 \cdot 3,58 = 15,20 + 5,37 = 20,57 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроктн.}} = 10,88 + 1,5 \cdot 1,79 = 10,88 + 2,68 = 13,56 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость  $C_{\text{зав}}$  рассчитывается с учётом цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и коэффициента  $K_{\text{зав}}$  заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

Рассчитанная после подстановки в (17) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 20,57 + 1,15 \cdot 3,58 = 20,57 + 4,11 = 24,68 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроктн.}} = 13,56 + 1,15 \cdot 1,79 = 13,56 + 2,05 = 15,61 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>М</i>	9,99	6,21
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	4,00	2,00
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	1,20	0,60
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	0,01	2,07
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	15,20	10,88
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	5,37	2,68
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	20,57	13,56
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	4,11	2,05
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	24,68	15,61

#### 4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования  $Ц_{\text{об.б.}}$ , коэффициента загрузки оборудования  $K_{з. б.}$  рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{об.б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Остаточную стоимость  $Ц_{\text{об.б.}}$  оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования  $Ц_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_c$  и нормы амортизации  $H_a$  оборудования:

$$Ц_{\text{об.б.}} = Ц_{\text{перв.}} - (Ц_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (19)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (19) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{\text{об.баз.}} = 4000 - (4000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 2280 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 1 \cdot 2280 \cdot 0,02 = 45,60 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты  $K_{\text{общ. пр.}}$  для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ , вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих вложений  $K_{\text{соп.}}$ :

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (20)$$

Капитальные вложения  $K_{\text{об. пр.}}$  в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования  $C_{\text{об. пр.}}$ , коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{\text{тз}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_{\text{зп}}$  по проектному варианту:

$$K_{\text{об. пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (21)$$

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (21) соответствующих значений составляет:

$$K_{\text{об. пр.}} = 75000 \cdot 1,05 \cdot 0,01 = 945 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения  $K_{\text{соп.}}$  по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  базового оборудования и расходов на монтаж  $K_{\text{монт}}$  проектного оборудования:

$$K_{\text{соп.}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (22)$$

Расходы на демонтаж  $K_{\text{дем}}$  и монтаж  $K_{\text{монт}}$  рассчитываем с учётом стоимости оборудования  $C_{\text{б}}$  и  $C_{\text{пр}}$  по базовому и проектному вариантам, коэффициентов  $K_{\text{д}}$  и  $K_{\text{м}}$  на демонтаж и монтаж оборудования:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}} \quad (23)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} \quad (24)$$

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 4000 \cdot 0,05 = 200 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 200 + 3750 = 3950 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (20) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ.пр}} = 945 + 3950 = 4895 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения  $K_{\text{доп}}$  рассчитываем исходя из капитальных затрат  $K_{\text{общ.пр.}}$  и  $K_{\text{общ.б.}}$  для проектного и базового вариантов технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр}} - K_{\text{общ.б.}} \quad (24)$$

Дополнительные капитальные вложения для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (24) соответствующих значений:

$$K_{\text{доп}} = 4895 - 45,60 = 4849,4 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений  $K_{\text{уд}}$  рассчитываем с учётом годовой программы  $\Pi_{\Gamma}$ :

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (25)$$

Рассчитанные после подстановки в (25) соответствующих значений удельные капитальные вложения составят:

$$K_{\text{удБаз.}} = 45,00/2000 = 0,02 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 4895/2000 = 2,44 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени  $t_{шт.б.}$  и  $t_{шт.пр.}$  по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% . \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,02 - 0,01}{0,02} \cdot 100\% = 50\%$$

Расчёт повышения производительности труда  $\Pi_T$  при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости  $\Delta t_{шт}$ :

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} . \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

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

Расчёт снижения технологической себестоимости  $\Delta C_{тех}$  при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{15,20 - 10,88}{15,20} \cdot 100\% = 33\%$$

Расчёт условно-годовой экономии  $\text{Пр}_{\text{ож}}$  (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (24,68 - 15,61) \cdot 2000 = 18140 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости  $T_{\text{ок}}$  дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{4849}{18140} \approx 0,5 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект  $\text{Э}_{\Gamma}$ , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\text{Эг} = 18140 - 0,33 \cdot 4849 = 16539 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии сборки и сварки трубопровода отопления применяется ацетилено-кислородная сварка.

Недостатки применения ацетилено-кислородной сварки: 1) малая производительность выполнения сварочных работ; 2) работа сварщика в тяжёлых условиях; 3) низкая стабильность качества сварки; 4) повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки самозащитной порошковой проволокой.

Такая замена способа сварки при получении сварных соединений трубопровода отопления позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 50%, повышение производительности труда на 100 %, уменьшение технологической себестоимости на 33%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 18140 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 16539 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

## Заключение

При монтаже трубопроводов отопления преимущественным способом сварки является ацетилено-кислородная. Однако данный метод соединения обладает рядом недостатков. Главный из них – низкая концентрация энергии. Следствием данного недостатка получается значительная зона термического влияния, низкая производительность процесса сварки.

Был выполнен анализ альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при изготовлении трубопровода отопления, были рассмотрены способы дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов, сварка неплавящимся электродом. Рассмотрены в сравнении достоинства и недостатки перечисленных способов сварки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений трубопровода отопления предложено механизировать процесс сварки. Применить механизированную сварку стыков самозащитной порошковой проволокой Innershield NR-152.

Для повышения производительности труда предложено разбить операции сварки трубопровода на подготовительные и на монтаже. Причем, для выполнения подготовительных операций разработано сборочное приспособление.

Разработанный технологически процесс сварки на монтаже включает в себя операции входного контроля соединяемых деталей и вспомогательных сварочных материалов. Затем выполняются подготовительные операции, такие как зачистка. Затем следует операция сборки. После чего механизированной сваркой выполняются сварные соединения. Выполняют контроль полученных сварных соединений.

Применение механизированной сварки позволяет уменьшить трудоемкость выполнения сварных швов. Можно сделать вывод о достижении цели работы.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Афромеев А.А. Технология сборки и сварки полипропиленовых труб / А.А. Афромеев // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2015. – 58 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/11599>.
4. Берлине, Ю.И., Балашов Ю.А. Технология химического и нефтяного аппаратостроения. М.: Машиностроение, 1976. 256 с.
5. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
6. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
7. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИИ. 2000. 79 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
9. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
11. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.

12. Егорова Г.Г., Кручинина Н.В. Механическое сварочное оборудование: Каталог. М.: НИИмаш. 1980. 68 с.
13. Иванов В.П. Технология и оборудование для восстановления деталей машин. Минск: Техноперспектива. 2007. 458 с.
14. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.
15. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.
16. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.
17. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
18. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.
19. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.
20. Масаков В.В., Масакова Н.И., Мельзитдинова А.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ. 2011. 184 с.
21. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.
22. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.
23. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.
24. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти,

ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).

25. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

26. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

27. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

28. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

29. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

30. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

31. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.