

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки аммиакопровода тепловой электростанции»

Студент

А.В. Пьянзин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(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.

## АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: увеличение производительности труда и повышение качества при соединении сваркой стыков труб аммиакопровода.

Для того, чтобы достичь поставленную в работе цель, нужно было решить следующие задачи: выбрать вариант механизации способа сварки; разработать подобрать необходимое сварочное оборудование; выявить вредные и опасные факторы при сварке захлестов и разработать мероприятия по борьбе с ними; выполнить расчет экономической эффективности разработанных технических мероприятий.

В работе выполнен анализ технологического процесса ручной дуговой сварки трубопроводов в ООО КСМ по результатам которого выявлена большая степень трудоемкости и низкий уровень механизации и автоматизации при выполнении стыков. Разработана технология механизированной сварки. Для реализации техпроцесса механизированной сварки проведен выбор оборудования.

Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и рассчитана экономическая эффективность бакалаврской работы.

Пояснительная записка бакалаврской работы включает в себя 64 страницы, 6 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть включает в себя 7 листов формата А 1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание аммиакопровода .....	6
1.2 Оборудование, используемое при сварке.....	10
1.3 Требования к производственному персоналу .....	11
1.4 Базовая технология .....	12
1.5 Задачи работы .....	17
2 Разработка технологического процесса сварки .....	19
2.1 Анализ способов сварки.....	19
2.2 Выбор присадочного материала.....	24
2.3 Проектная технология.....	24
3 Выбор оборудования для механизированной сварки .....	28
4 Безопасность и экологичность проекта. ....	29
4.1 Технологическая характеристика объекта .....	29
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной..... технологии в производство.....	31 31
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных..... рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии.....	32 32
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной .....	33
безопасности разрабатываемого технологического объекта .....	33
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого .....	35
технологического объекта .....	35
4.6 Заключение по разделу .....	35
5 Экономическая эффективность проекта.....	37
5.1 Исходные данные для расчетов .....	38
5.2 Нормы времени на сварку стыка и фонда времени работы оборудования.....	 39
5.3 Капитальные вложения в оборудование .....	40
5.4 Технологическая себестоимость сравниваемых вариантов. ....	44

5.5 Цеховая себестоимость .....	48
5.6 Заводская себестоимость .....	48
5.7 Показатели экономической эффективности проекта .....	49
5.9 Выводы по экономическому разделу .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53

## ВВЕДЕНИЕ

Чтобы обеспечить высокую конкурентноспособность продукции следует уменьшать ее себестоимость не снижая, при этом качество. Себестоимость продукции тепловых электростанций, электроэнергии, зависит и от стоимости оборудования, задействованного в процессе ее производства. К важным элементам оборудования относятся технологические трубопроводы ТЭЦ. Поэтому работы, направленные на снижение затрат при сварке трубопроводов, на создание новых технологий сварки и монтажа трубопроводов являются актуальными.

Например при монтаже аммиакопровода ТЭЦ трубы соединяют технологией дуговой сварки штучными электродами вручную. Применяемая в настоящее время в ООО КСМ технология сварки разработана давно, за прошедшее с момента внедрения время разработаны и внедрены в промышленности новые технологии сварки, новое оборудование и т.д.

Внедряя прогрессивные технологии можно повысить производительность сварки и качество сварных швов. Необходимо помнить, что применяемая в настоящее время в ООО КСМ технология сварки имеет некоторые недостатки, обусловленные самим принципом ручной дуговой сварки. В первую очередь сюда отнесем низкую производительность способа, высокий расход присадочных материалов (электродов). Также при сварке происходит плавление основного материала, в результате получается высокий уровень остаточных напряжений, чтобы их устранить или уменьшить приходится прибегать к дополнительной операции термообработки.

Цель бакалаврской работы – повысить качество и производительность на операции монтажа аммиакопровода ТЭЦ.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание аммиакопровода

На тепловых электростанциях для удаления растворенных газов из воды применяют термическую деаэрацию. При деаэрации углекислый газ, обладающий высокой растворимостью в воде, удаляется хуже других газов. Поэтому из специальной емкости по аммиакопроводу в деаэраторы подается аммиак, ускоряющий удаление углекислого газа.

Требований к конструкции, выполнению сварных стыков и особенностям контроля трубопроводов определяются категорией трубопровода.

Эксплуатационными параметрами трубопроводов являются, в первую очередь температура и давление эксплуатации. Важным является также и состав рабочей среды. Перечисленные эксплуатационные параметры оказывают влияние на основные конструктивные характеристики трубопровода, его диаметр, толщину стенок, применяемый конструкционный материал. Кроме того, они оказывают влияние на применяемые технологии сварки и контроля.

В зависимости от температуры, давления эксплуатации и химического состава рабочей среды трубопроводы классифицируют на группы и категории.

Рассматриваемый аммиакопровод показан на рис. 3.1. Материал, из которого выполнен трубопровод - сталь 10X18H10T.

Для изготовления трубопровода конструкторами заложены следующие детали и узлы. Труба с наружным диаметром 57 мм в количестве 600 м. Толщина ее стенки 4 мм – всего 600 м (1). Труба с наружным диаметром 57 мм в количестве 0,15 м. Толщина ее стенки 4,5 мм (2). Труба с наружным диаметром 32 мм, всего 0,1 м. Толщина ее стенки 3 мм (3). В качестве материала труб конструкторы заложили сталь 10X18H10T. Также сталь

10X18H10T предусмотрена для отводов 90°. Диаметр отводов 57 мм при толщине стенки 4 мм. Всего для трубопровода понадобится 6 отводов (4).

Кроме того, в состав трубопровода входят: устройство смесительное в количестве 1 шт; задвижки в количестве 2 шт; обратный затвор в количестве – 1 шт; запорный клапан в количестве 2 шт; четыре фланца; одна заглушка.

Трубопровод проходит по эстакаде и закреплен на опорах.

Сталь из которой будет выполнен трубопровод относится к аустенитным. Сталь 10X18H10T применяют для создания металлоконструкций, предназначенных для эксплуатации в средах высокой агрессивности и повышенных, до 600°C, температурах.

Сталь 10X18H10T относится к коррозионно-стойким сталям. Однако для обеспечения требуемой коррозионной стойкости мест выполнения сварных швов следует выполнять следующие требования: в последнюю очередь накладывать валики шва, обращенные к агрессивной среде. Если шов двусторонний – предусмотреть выполнение третьего облицовочного шва, обращенного к агрессивной среде.

Если такая возможность отсутствует - односторонняя сварка труб малого диаметра – наш случай, необходимо максимально уменьшить нагрев металл первого слоя последующими слоями.

Важным при сварке стали является предотвращение трещинообразования. Здесь в арсенале технолога могут быть применены следующие мероприятия.

- 1) При использовании ручной дуговой сваркой необходимо стремиться поддерживать короткую длину дуги, при это необходимо отказаться от поперечных колебаний электрода;
- 2) При использовании сварки под флюсом сварной шов следует выполнять на низкой скорости с минимально возможным количеством проходов;
- 3) необходимо, образовавшиеся в результате сварки кратеры заполнять до получения выпуклости или проводить их вышлифовку. Запрещено выводить кратеры на основной металл.

4) Если произошел обрыв дуги, то следует проверять место сварки на отсутствие кратерной трещины перед продолжением сварки. При обнаружении трещины следует воспользоваться механической обработкой для удаления кратера.

5) При разработке проекта сварных конструкций из аустенитных сталей рекомендуется производить замену тавровых и угловых соединений на стыковые.

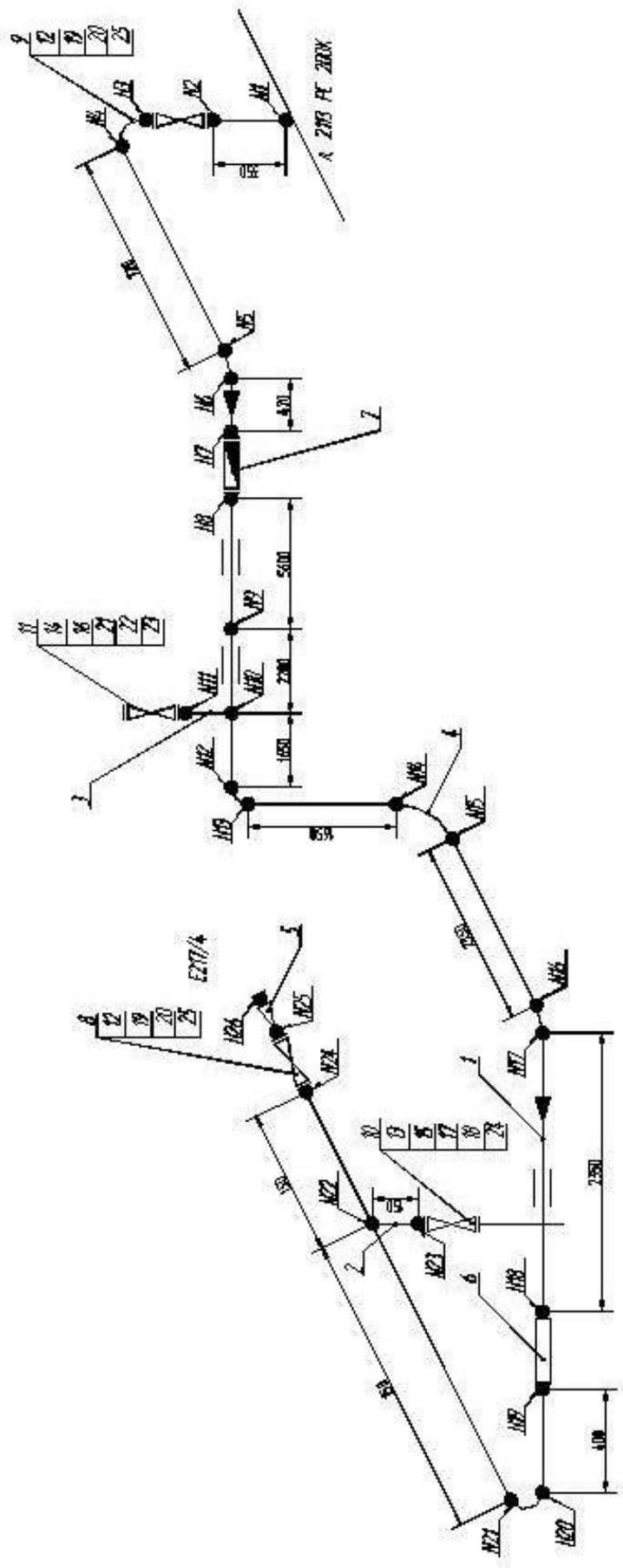
б) При сварке толстотолщинных труб необходимо применять метод комбинирования типов электродов. При этом внутренние слои и слои сварного шва не контактирующие с агрессивной средой изготавливаются с использованием электродов, обеспечивающих стойкость к образованию термических трещин, но не обеспечивающих стойкость к коррозии. А остальные слои сварного шва свариваются электродами, обеспечивающими коррозионную стойкость.

Для предотвращения охрупчивания металла возникающего при длительной эксплуатации сварной конструкции при температуре выше  $350^{\circ}\text{C}$  необходимо ограничить содержание феррита в металле сварного соединения.

Металл, попавший в результате сварки в зону термического влияния должна быть исследована при циклических испытаниях на разрывной машине, так такие исследования позволяют получить достоверно оценить несущей способности стали марки 10X18H10T.

Циклическое нагружение стали 10X18H10T приводит к снижению пластичности, а следовательно и к повышению у металла в зоне сварки склонности к хрупкому разрушению.

Скорость снижения пластичности стали зависит от циклограммы нагружения и температуры.



- Ключевые обозначения
- — Стыки соединения
  - △ — Запорный элемент
  - ▲ — Изменение диаметра

Рисунок 3.1 - Схема изометрическая трубопровода

Изучение фазового состава образцов металла из зоны термического влияния сварки после проведения циклических испытаний показало присутствие карбидов  $TiC$  и  $Cr_{23}C_6$ . Под действием температуры карбидные частицы выделяются как отдельная фаза.

Выделения данных частиц хоть и приводит к повышению прочности, но значительно снижает пластичность стали. При этом показатель прочности зависит от геометрических характеристик карбидных частиц (размер, форма).

Интенсивность образования карбидных частиц во многом зависит от величины напряжений, длительности нагружения и температуры нагрева металла.

Для уменьшения нагрева возможно применение различных вариантов охлаждения - применение массивных медных подкладок, увеличение скорости сварки, обдувать воздухом, вести сварку при пониженной силе тока, вести сварку электродами меньшего диаметра, исключить поперечные колебания электрода при сварке.

## 1.2 Оборудование, используемое при сварке

При сварке швов трубопроводов из нержавеющей стали на открытом воздухе следует применять источники питания сварочной дуги устойчиво работающие во всех диапазонах рабочих токов. Напряжение холостого хода в пределах 70 - 80 В. Рабочее напряжение должно находиться в пределах 30 - 35 В. При меньших значениях напряжения источник должен быть укомплектован устройством зажигания дуги путем подачи одного или нескольких импульсов высокого напряжения. Применяют источники с высокими динамическими свойствами.

У источников должны быть дистанционные регуляторы тока, при длине кабеля подключения до 40 м.

Если применяется многопостовая система питания сварочных постов сварочный ток и напряжение не должны колебаться свыше +10% из за взаимного влияния.

Применяемые источники питания сварочной дуги тока должны быть степени защиты IP23 по ГОСТ 14254-96 по устойчивости к действию климатических и внешних механических факторов.

Источники следует поддерживать в исправном состоянии, своевременно проводить техническое обслуживание. У источников должны быть паспорта, инструкции по эксплуатации.

Заземлению подлежат корпус источника и его вторичная обмотка.

Применяемые для сборки труб центраторы, не должны наносить царапины, задиры, оставлять масляные пятна на трубах.

В используемых для прокали электродов печах и электропечалах, должны быть термометры и заземление.

### 1.3 Требования к производственному персоналу

В ООО Котлоснабмонтаж. Работами, касающимися сварки, контроля и термообработки сварных швов, руководят инженерно-технические работники изучившие Правила Госгортехнадзора, чертежи, соответствующие инструкции и руководящие документы. Их знания проверяются в установленном порядке. Руководителей сварочных работ аттестуют не ниже 2-го уровня подготовки согласно Положению об аттестации НАКС (Национального Аттестационного Комитета по Сварочному Производству).

Специалисты, разрабатывающие технологии выполнения сварочных работ, аттестованы на уровень не ниже 3-го в согласно Положения об аттестации НАКС.

В ООО Котлоснабмонтаж. сварщики, допускаемые к работам по сварке трубопроводов, имеют разряд не ниже 5-го, и, соответственно II группу допуска по Правилам эксплуатации электроустановок. У сварщиков должны быть действующие аттестационные удостоверения 1 уровня согласно Положения об аттестации НАКС. В удостоверении указан вид сварочных работ, к которому рабочий допускается. Кроме того, каждый

сварщик сдает экзамен по знаниям пожарной безопасности и техники безопасности.

Перед началом работ по сварке трубопровода проводят допускные испытания посредством сварки допускных стыков. Причем, катушки труб, используемые для сварки этих стыков должны полностью соответствовать трубам для газопровода по классу прочности, диаметру, толщине стенки и разделке кромок. Длина катушек не должна быть менее 125 мм.

Допускной стык сварщик выполняет в присутствии представителей службы технадзора. Допускные стыки газопроводов помимо визуально-измерительного контроля проверяют физическими методами: радиографическим или ультразвуковым и проводят механические испытания.

#### 1.4 Базовая технология

Первая операция базового технологического процесса контрольная. Это комплексная операция. При выполнении данной операции выполняется проверка сопроводительной документации (сертификаты, паспорта) на применяемые трубы, арматуру и другие детали; осуществление контроля соответствия труб, арматуры и других деталей требованиям технических условий и чертежей, проверка соответствия проектной документации устанавливаемых труб, арматуры и других деталей. Также производится проверка качества сварочных материалов, проверка правильности назначения режимов прокали и хранения сварочных материалов.

При выполнении данной операции производится проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки; проверка возможности сборки стыка с необходимыми геометрическими параметрами; проверка возможности обеспечения режимов сварки и остывания стыков; проверка наличия средств

индивидуальной защиты, необходимых для выполнения операций технологического процесса.

Также к данной операции следует отнести проверку квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов.

Кроме того, осуществляется проверка наличия лицензии на выполнение работ, проекта проведения работ, аттестации технологии сварки, используемых материалов и оборудования.

Затем следуют подготовительная операция. Резка стали 10X18H10T и обработка кромок под сварку производится, в основном, механическими способами.

Если есть необходимость применения термической резки нужно обработать кромки согласно требований ГОСТ 14792-60.

Шероховатость поверхности подготовленный под сварку кромок, должна находиться в соответствии с нормами.

У обработанных кромок контролируют форму, размеры и качество подготовки, насколько они находятся в соответствии с требованиями. При контроле формы и размеров применяют специальные шаблоны. Неровные части, выступы, заусенцы мешающие плотному примыканию кромок друг к другу необходимо устранить. Устранение производят до сборки с использованием абразивного круга или напильника, при этом не допускается наличие острых углов, а также резких переходов.

Следующая выполняемая операция – сборка труб. Трубы отвечающие требованиям, прошедшие контроль монтируют на места согласно проекту. Для выполнения монтажа применяется автокран КС.

При сборке стыка труб используются специальные центровочные приспособления, обеспечивающие соосность труб и требуемый равномерный зазор по периметру стыка. Сборку соединений осуществляют на наружных центраторах типа ЦН. применяются наружные центраторы эксцентрикового

или звенного типа.

Проверка прямолинейности в месте стыка осуществляется с использованием линейки длиной 0,4 метра.

Следующей операцией технологического процесса является выполнение прихваток. Для данного диаметра трубопровода требуется выполнить 2 прихватки стыка в диаметрально противоположных местах. При сварке прихваток необходимо использовать те же режимы сварки, что и при сварки корневого слоя. Параметры сварки различных слоев шва которые представлены в таблице 1.1.

Выполненные прихватки следует зачистить. Начальный участок и конечный участок у каждой прихватки следует обработать шлифовальным кругом.

У прихваченного стыка выполняют сварку корневого слоя. Параметры режима сварки для корневого слоя шва выбирать согласно требований таблицы 1.1.

После полного выполнения корневого слоя допускается снятие центраторов

Сразу после выполнения корневого слоя его необходимо зачистить с внешней стороны трубы с помощью шлифовального круга.

Таблица 1.1 – Параметры режима ручной электродуговой сварки

Название слоя	Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А
Корневой слой	2,5-3,0	70-90
Заполняющие слои	2,5-3	90-130
	4,0	120-140
Облицовочный слой	2,5-3	90-130
	4,0	120-140

После снятия центратора сварщик заполняет разделку. Сварка при этом ведется постоянным током обратной полярности. Следует придерживаться режимов сварки указанных в таблице 1.1.

Сварщик должен возбуждать дугу или в разделке кромок или на ранее выполненном участке шва (валике).

При сварке недопустимо перемещение свариваемого стыка или любые внешние воздействия на него. Ширина валика не более 3х диаметров электрода. Каждый слой должен быть охлажден до 100°С, и после охлаждения зачищен до металлического блеска.

Участки облицовочного слоя шва с грубой чешуйчатостью нужно обрабатывать напильником или шлифовальным кругом.

После завершения сварки каждого стыка производится его контроль. Качество сварки и монтажа трубопровода, как было указано выше, осуществляют с помощью комплекса мер и в соответствии с техническими условиями на изделия, требованиями ОСТ 26-11-03-84, ГОСТ 14782-76 и ГССТ 7512-75 на всех этапах строительства трубопровода за счет контроля основных и вспомогательных материалов, заготовительных и сборочных работ, контроля параметров технологических режимов сварки и контроля сварных соединений трубопровода и его элементов.

Контроль качества в процессе строительства трубопроводов условно разделяется на 3 группы, предварительный, пооперационный и контроль качества выполненных работ [11].

В операции предварительного контроля включены:

- проверка документов на трубы и самих труб;
- проверка документов на сварочные материалы и самих материалов;
- проверка оборудования и документов на оборудование;
- проверка наличия у работников необходимых документов;
- проверку лицензий у предприятия занятого в строительстве газопровода.

Трубы, применяемые при строительстве трубопроводов должны соответствовать требованиям ГОСТ, ТУ, СНиП, и иных документов. При входном контроле труб, предназначенных для проведения монтажа трубопровода аммиака выполняют следующие операции контроля:

- а) проверяют сертификаты, паспорта, данные, в них указанные и

соответствие этих данных требованиям нормативных документов;

б) проверяют заводскую маркировку и соответствие ее данным сертификатов или паспортов;

в) осматривают трубы, конструктивные элементы трубопроводов для выявления повреждений и дефектов.

Если сертификат отсутствует или сведения в нем неполны, металл используют для монтажа только после проведения соответствующих испытаний, по результатам которых подтверждено соответствие металла требованиям.

Если сертификат отсутствует на конструктивные элементы газопровода, их не запускают в производство.

Входной контроль основных материалов выполняют по ГОСТ 24297—87 ООО КСМ как заказчик материалов.

Сварочные материалы применяемые при строительстве газопровода проверяют на наличие необходимых документов.

Проверяют состояние упаковки сварочных электродов, она должна быть целая и герметичная. Увлажнение недопустимо.

Перед запуском в работу электродов, сварочной проволоки, флюса проверяют:

а) сертификат приведенные в нем сведения;

б) наличие этикеток или бирок завода изготовителя на пачках, коробках и сведения, приведенные в них;

в) сохранность упаковок и материалов;

г) документов на соответствующие газы.

При отсутствии сертификатов или неполноте сведений, проводят испытания согласно соответствующим документам и после получения положительных результатов по всем показателям данный материал можно использовать.

Если есть расхождения между данными сертификатов и требованиями документации на сварочные материалы их в работу не допускают.

Дополнительно, на производственном участке сварщик проверяет, прокалены ли материалы и срок действия прокали не истек ли.

После окончания технологических операций сварки для контроля качества применяют следующие методы неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль, включающий измерение сварных швов, качество зачистки их поверхностей и поверхностей трубопровода от шлака и брызг; ультразвуковой контроль; радиографический контроль.

Визуальный контроль выполняют как невооруженным глазом так и с применением лупы 4—7-кратного увеличения.

Радиографический контроль выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 7512—82 и РД 34 10.068—91.

Ультразвуковой контроль выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 14782—86.

Сборку соединений осуществлять на наружных центраторах типа ЦН. Затем стык следует прихватить. Прихватки равномерно распределять по периметру стыка. На диаметре 57 мм 2 прихватки. Режимы сварки при выполнении прихваток должны соответствовать режимам сварки корневого слоя шва, указаны в таблице 1.5.

### 1.5 Задачи работы

Цель бакалаврской работы – повысить качество и производительность на операции монтажа аммиакопровода ТЭЦ.

Применяемая в ООО КСМ технология сварки, основанная на использовании дуговой сварки штучными электродами, обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ. Показано, что перечисленные недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки. Возможные варианты механизации и автоматизации дуговой сварки штучными электродами: механизированный способ сварки в защитных или активных газах; механизированный способ сварки порошковой

самозащитной проволокой; применение полуавтоматического или автоматического способа сварки под слоем флюса.

Следовательно, достичь поставленную в работе цель можно решив следующие задачи: выбрав способ соединения труб; разработав технологический процесс соединения труб; подобрав оборудование; выявить вредные и опасные факторы при сварке аммиакпровода и разработать мероприятия по борьбе с ними; выполнить расчет экономической эффективности разработанных технических мероприятий.

## 2 Разработка технологического процесса сварки

### 2.1 Анализ способов сварки

Для изготовления аммиакопровода из коррозионностойкой стали 10X18H10T могут быть применены следующие способы сварки плавлением [9, 10]:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к трубам с рассматриваемой толщиной стенки 4 мм можно признать пригодными следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее осуществляем выбор способов сварки, проводя анализ протяжённости, конфигурации и пространственного положения сварных швов. Дуговую сварку порошковой самозащитной проволокой следует отбросить из-за непомерно высокой стоимости проволоки для сварки нержавеющей сталей. Исходя из этого в качестве пригодных способов можно признать:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;

- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, гарантированное качественной шлаковой защиты сварного шва при условии равномерного плавления металла электрода и обмазки; во-вторых, возможность легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

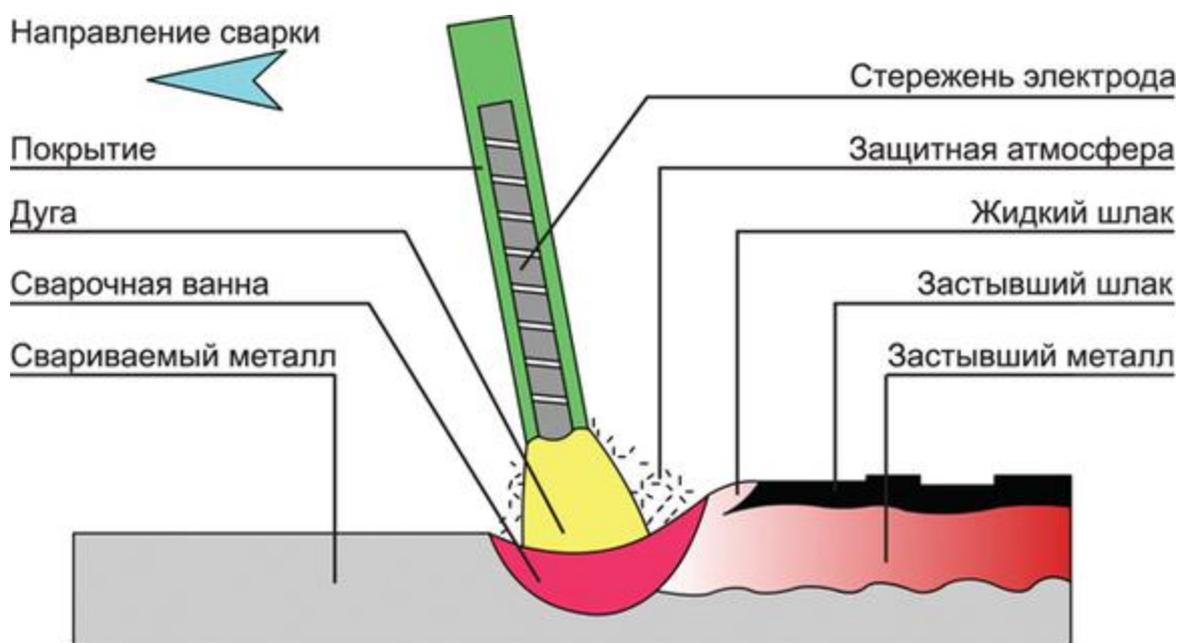


Рисунок 2.1 – Дуговой сварки штучными электродами

Сварка в активных газах (рис. 2.2) получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [11]. До этого применению

углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразованием швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [12, 13], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Обзор литературных источников [14...18] показывает, что данный тип дуговой сварки является самым распространенным среди других видов. При этом наблюдается тренд по вытеснению данным видом сварки ручной сварки штучными электродами.

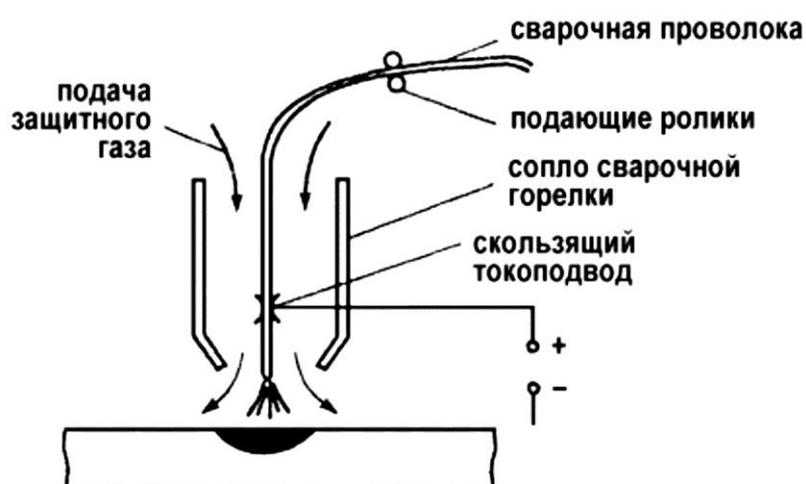


Рисунок 2.2 – Сварка плавящимся электродом под защитой газа

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений; во-

вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Главным преимуществом механизированной сварки в среде защитных газов является повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях.

Технология дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона схематично показана на рисунке 2.3. У данного вида сварки большое количество достоинств. Так газовая аргоновая среда в процессе сварки обеспечивает защиту металла в сварочной ванне от воздействия внешней среды. При этом происходит качественная проварка корня шва, есть возможность применение электродных проволок большой и малой толщины. При необходимости всегда можно использовать проволоку требуемого химического состава. Однако помимо достоинств, данному виду сварки присущи и недостатки: дополнительные расходы, связанные с покупкой аргона, необходима высокая квалификация сварщика, быстрый износ оборудования при выполнении сварного шва на высоких значениях тока.

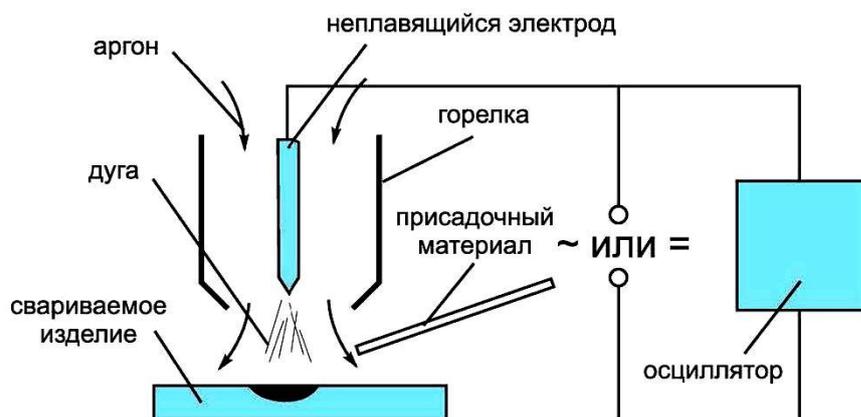


Рисунок 2.3 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

В сравнении со сваркой в защитных газах, сварку под флюсом можно характеризовать возможностью повышения производительность, снижения до минимума (0,5...3%) значения коэффициента потерь электродного металла на угар и разбрызгивание. Кроме этого, при горении закрытой дуги нет необходимости применять какие-либо дополнительные средства защиты

от излучения дуги, брызг и возможного выплёскивания металла из сварочной ванны.

При проведении сварки под флюсом (рис. 2.4) участок, на котором производится сварка, покрыт толстым слоем сыпучего флюса и дуга горит внутри полости, имеющей эластичную оболочку из расплавленного флюса – шлака. Шлак изливает жидкий металл от воздуха, не допуская разбрызгивания электродного металла и сохраняет тепло дуги. Толщина флюсового слоя должна находиться в диапазоне от 4 до 5 см. При затвердевании металла происходит образование наплавленного валика, покрытого шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом.

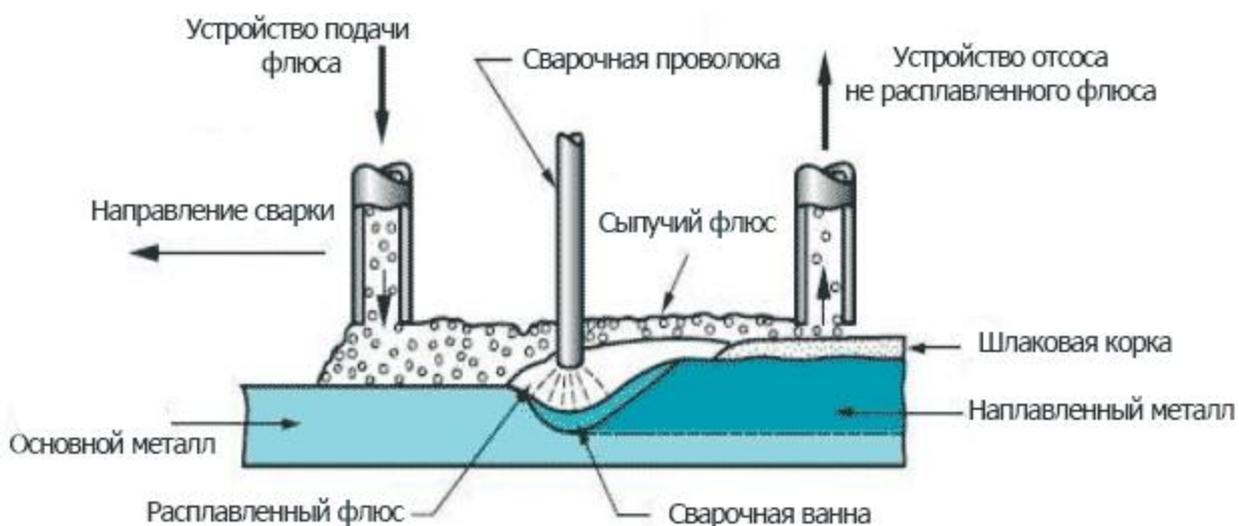


Рисунок 2.4 – Схема сварки под флюсом

Широкое применение данного способа ограничено его следующими недостатками. Во-первых, наличие флюса приводит к изменению химсостава металла шва. Во-вторых, необходимо следить за равномерностью нанесения флюса, т.к. в противном случае не будет обеспечена надежная защита зоны сварки. В-третьих, для выполнения сварки под флюсом необходимо специальное сложное оборудование.

Из перечисленных способов выбираем механизированную сварку плавящимся электродом в среде аргона.

## 2.2 Выбор присадочного материала

При выборе марки сварочной проволоки необходимо руководствоваться необходимостью обеспечения однородности как физико-механических свойств металла в зоне сварки, так и химсостава.

Для случаев, когда производится сварка деталей из стали марки 10X18H10T, рекомендуется применение проволоки марки Св-06X19H9T [6].

Предел прочности наплавленного металла - 480 МПа; предел текучести - 170 МПа; относительное удлинение -30%; твердость после наплавки HRCэ – 30...36. Химсостав проволоки приведен в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Химсостав проволоки Св-06X19H9T [6]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
<0,08	0,04...1,00	1,0...2,0	18,0...20,0	8,0...10,0	0,5...1,0	<0,015	<0,030

С учетом стоимости проволоки окончательно выбираем проволоку Св-06X19H9T.

## 2.3 Проектная технология

Первая операция проектного технологического процесса – входной контроль:

- 1) проверка сопроводительной документации (сертификаты, паспорта) на применяемые трубы, арматуру и другие детали; осуществление контроля соответствия труб, арматуры и других деталей требованиям технических условий и чертежей, проверка соответствия проектной документации устанавливаемых труб, арматуры и других деталей;
- 2) проверка качества сварочных материалов, правильности назначения режимов прокали и хранения сварочных материалов; проверка правильности сварочных материалов по их маркировке;
- 3) проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного

инструмента, сборочной оснастки; проверка возможности сборки стыка с необходимыми геометрическими параметрами; проверка возможности обеспечения режимов сварки и остывания стыков; проверка наличия средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения операций технологического процесса;

4) проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов;

5) проверка наличия лицензии на выполнение работ, проекта проведения работ, аттестации технологии сварки, операционных технологических карт;

б) проверка текущего состояния трубопроводной системы и соответствия условий выполнения работ требованиям безопасности.

При сборке стыка труб используются специальные центровочные приспособления, обеспечивающие соосность деталей, а также требуемый равномерный зазор по периметру стыка.

Фиксирование стыка осуществляется с помощью сварки прихваток или с помощью технологических креплений, привариваемых на расстоянии 5-7 см от торца.

Марка материала технологических креплений должна соответствовать марке стали труб. Если трубы изготовлены из закаливающейся термоустойчивой марки стали, то крепления могут быть выполнены из углеродистой стали.

При сборке стыка применяются наружные центраторы эксцентрикового или звенного типа. Центратор эксцентрикового типа представлен на рисунке 2.1.

Проверку прямолинейности в месте стыка осуществляется с использованием линейки длиной 0,4 метра. Для этого ее необходимо приложить в нескольких местах по периметру стыка так, как это

показано на рисунке 1.4 [4].

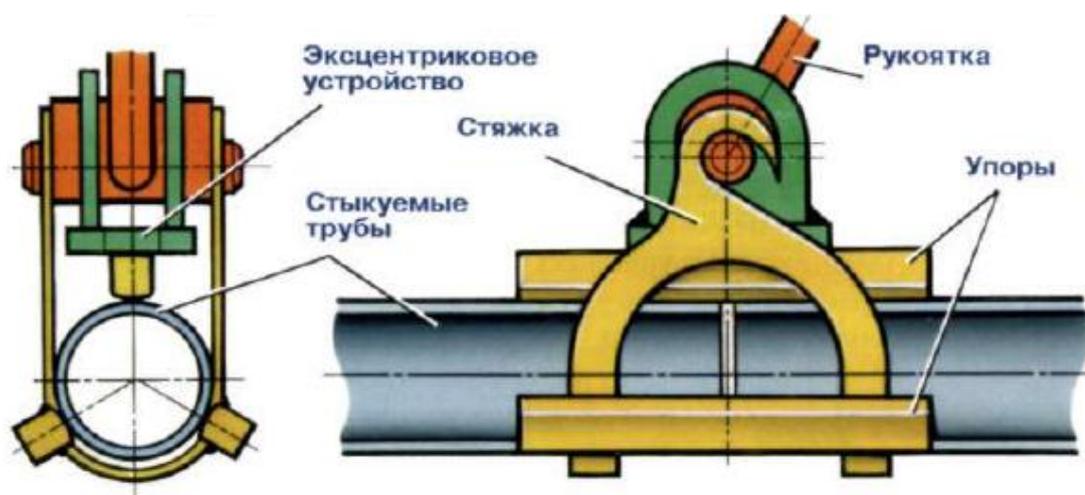


Рисунок 2.1 – Сборка стыка труб с использованием эксцентрикового устройства [4]

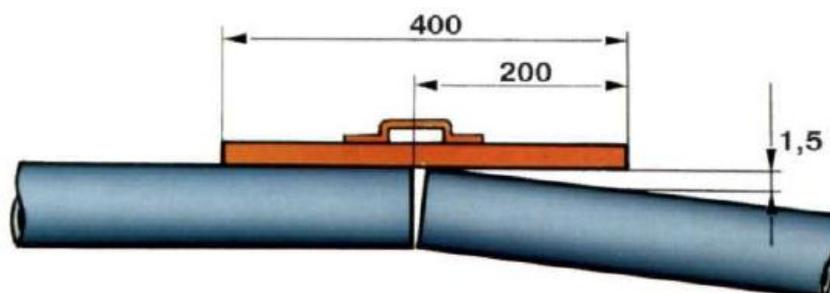


Рисунок 2.2 – Проверка прямолинейности установки труб

При выполнении прихваток их следует равномерно распределять по всему периметру стыка. При сварке прихваток необходимо использовать те же режимы сварки, что и при сварке корневого слоя. «Заход» и «выход» с прихватки зашлифовывают. Режимы сварки прихваток Ток  $I_{св}=190-210$  А,  $U_d=20-25$  В,  $V_{св}=10-15$  м/час,  $Q_{зг}=10-12$  л/мин.

Центраторы можно снимать после того, как было выполнено не менее 60% периметра корня шва. При завершении сварки корня шва необходимо провести его зачистку с внешней стороны трубы с использованием шлифовального круга.

После того, как сварили корневой слой шва и сняли центратор, приступают к заполнению разделки стыка. При сварке применяется постоянный ток обратной полярности. Присадочная проволока Св-06Х19Н9Т.

Зажигание дуги следует производить в или выполненном участке шва, или на разделке кромок.

Режим сварки ток  $I_{св}=190-210$  А,  $U_d=20-25$  В,  $V_{св}= 10-15$  м/час,  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин.

Угол наклона сварочной горелки не является постоянным по отношению к трубе и постоянно меняется в зависимости от пространственного положения свариваемого шва:

- в положении 12 час. угол 20-30 град;
- от 12 час. до 3 час. угол возрастает до 45-50 градусов;
- от 3 час. до 5 час. угол уменьшается пока горелка не станет перпендикулярно телу трубы;
- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и постепенно угол доводится до 10-15 град, «углом вперед».

Проверку качества сварных швов аммиакпровода проводят систематическим пооперационным контролем, визуальным осмотром, контролем геометрических характеристик, неразрушающими методами контроля; разрушающими испытаниями образцов соединения, выпиленных при опытной сварке и металлографическими исследованиями.

### 3 Выбор оборудования для механизированной сварки

Анализ применяемого оборудования позволяет остановить выбор на инверторе сварочном Сварог MIG 350, рисунок 3.1.



Рисунок 3.1 – Аппарат сварочный

Данный сварочный аппарат применяется для механизированной сварки в среде защитных инертных и активных газов (MIG/MAG). Для увеличения радиуса действия, не двигая источник питания, инвертор представлен в декомпактном исполнении. Напряжение питающей сети 380 В.

## 4 Безопасность и экологичность проекта.

### 4.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Подготовка кромок труб;
- 2) Сборка, прихватка, контроль;
- 3) Сварка;
- 4) Контроль качества сварки

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовка кромок труб	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный 3) ацетилен 4) кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	проволока Св-06Х19Н9Т, аргон
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	проволока Св-06Х19Н9Т, аргон
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

## 4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	Щётка металлическая, машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) центратор наружный</li> <li>2) сварочный полуавтомат Сварог MIG 350</li> <li>3) стропы</li> <li>4) шаблон УШС-3</li> <li>5) линейка металлическая</li> <li>6) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>

1	2	3
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) сварочный полуавтомат (Сварог MIG 3502)</li> <li>стропы</li> <li>3) шаблон УШС-3</li> <li>4) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) лупа х4</li> <li>2) шаблон сварщика УШС-3</li> <li>3) стенд гидроиспытательный</li> </ul>

#### 4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предупредительных надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

#### 4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнегасящих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

#### 4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околшовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом.

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

#### 4.6 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела ВКР было произведено выявление

опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

## 5 Экономическая эффективность проекта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных стыков технологических трубопроводов отвода воды. При выполнении базовой технологии сварки для строительства аммиакопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами ОК 61.30 ЕСАБ, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения Св06Х19Н9Т в среде аргона. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты следует производить на один сварной стык трубопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии..

Характеристика сравниваемых вариантов представлена в таблице 5.1. Здесь указаны недостатки базового варианта, и как они будут устранены в проектном.

Таблица 5.1 – Сравнительная характеристика вариантов [12]

Базовый вариант	Проектный вариант
Огарки электродов уходят в металлолом.	Применяется проволока, огарков нет сн.
Высокий разряд сварщика	Разряд сварщика ниже.

## 5.1 Исходные данные для расчетов

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

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	1000	1000
2	Цена присадочного материала	Цэл	Руб/кг	72	88
3	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Руб/час	74,89	53,16
5	Коэффициент доплат к оплате труда рабочих	Кд	-	1,81	1,81
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	-	%	10	10
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	-	%	30	30
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	40000	70000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
10	Мощность установки	Му	кВт	3,64	4,4
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,78
12	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
13	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сэспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
14	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
15	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11
16	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	-	%	2	2

Продолжение таблицы 5.2

17	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кцех		2,50	2,50
18	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кзав		1,8	1,8
19	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
20	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	Напл	%	2	2

### 5.2 Нормы времени на сварку стыка и фонда времени работы оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_o + t_v + t_{отл} + t_{обсл} + t_{пз} \quad (5.1)$$

где  $t_{шт}$  – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{маш}$  – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{всп}$  – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от  $t_{маш}$ ;

$t_{обсл}$  – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5%  $t_{маш}$ ;

$t_{отл}$  – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5%  $t_{маш}$ ;

$t_{п-з}$  – время на подготовительно – заключительные операции, 1%  $t_{маш}$ .

Машинное время определим по следующей формуле:

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

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

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

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

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

Масса наплавленного металла  $M_{напл.мет}$  – 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:

$$t_{об} = \frac{60 * 0,561 * 0,238}{120 * 9} = 0,049 \text{ час} = 2,94 \text{ мин.}$$

$$t_{пр} = \frac{60 * 0,561 * 0,238}{210 * 9} = 0,027 \text{ час} = 1,62 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 2,94 + 0,294 + 0,147 + 0,235 + 0,029 = 3,64 \text{ мин} = 0,060 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,62 + 0,162 + 0,081 + 0,129 + 0,0162 = 2,00 \text{ мин.} = 0,033 \text{ час.}$$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных вложений в оборудование производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{кон} \quad (5.4)$$

где:  $K_{np}$  – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование, руб.;

$K_{con}$  – принятая величина сопутствующих капитальных вложений, руб.

Для определения прямых капитальных вложений воспользуемся зависимостью:

$$K_{np} = \Sigma C_{об} * k_3 \quad (5.3)$$

где  $\Sigma C_{об}$  – рыночная стоимость оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием зависимости:

:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.4)$$

где:  $N_{np}$  – годовая программа сварки стыков, шт.;

$t_{шт}$  – штучное время на сварку стыка, мин.;

$\Phi_{эф}$  – годового фонда времени, в течение которого работает оборудование, час.

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

Коэффициент загрузки оборудования:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.5)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{p.n}) \quad (5.6)$$

где:  $D_k$  – календарные дни в году;

$D_{вых}$  – выходные;

$D_{пр}$  – праздничные;

$T_{см}$  – принятая продолжительность смены, час;

$S$  – количество смен;

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

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

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{1000 * 3,64}{1812 * 60} = 0,03 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{1000 * 2,00}{1812 * 60} = 0,012 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,03}{1} = 0,03$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{прб} = 40000 * 0,03 = 1200 \text{ руб.}$$

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

Сопутствующие капитальные вложения определим по зависимости:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.7)$$

где  $K_{дем}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{монт}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$K_{площ}$  – затраты на площади, которые нужны под установку нового сварочного оборудования.

$$K_{монт} = \sum C_{об} * k_{монт} \quad (5.8)$$

где:  $k_{\text{монт}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования = 0,2.

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

$$K_{\text{дем}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.9)$$

где:  $k_{\text{дем}}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса = 0,2.

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

Затраты на площадь, которая потребуется для установки нового оборудования, задействованного в технологическом процессе выполним по зависимости:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (5.10)$$

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

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

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 1200 \text{ руб.}$$

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

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.11)$$

Подставив в (5.11) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1200 / 1000 = 1,20 \text{ руб}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 28240 / 1000 = 28,24 \text{ руб}$$

#### 5.4 Технологическая себестоимость сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$ЗМ = ЗМ_{ОСН} + ЗМ_{ВСП}$$

$ЗМ_{ОСН}$  не рассчитываем.

$ЗМ_{ВСП}$  определяем из технологических карт.

В базовом

$$ЗМ_{Б} = 4,86 \text{ руб.}$$

В проектном

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + З_{ЭГ} \quad (5.15)$$

$$ЗМ_{пр} = 3,43 + 2,40 = 5,83 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$З_{Э-Э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{Э-Э} \quad (5.16)$$

где  $P_{об}$  – мощность источника питания, кВт;

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

КПД – КПД установки.

Полезная мощность источника питания

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

$$З_{Э-Э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,049}{0,7} 2,2 = 0,54 \text{ руб.}$$

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

$$З_{Э-Э}^{пр} = \frac{6,3 \cdot 0,027}{0,75} 2,2 = 0,49 \text{ руб.}$$

Расчёт расходов по содержанию и эксплуатации задействованного в технологическом процессе оборудования производим с использованием зависимости:

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.18)$$

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * На_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.19)$$

где  $Ц_{об}$  – рыночная стоимость производственного оборудования, руб.;

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

Подставив в (5.19) необходимые значения, получим:

$$A_{об.} = \frac{40000 * 18 * 2,94}{1812 * 60 * 100} = 0,19 \text{руб.}$$

$$A_{об.} = \frac{70000 * 18 * 1,62}{1812 * 60 * 100} = 0,18 \text{руб.}$$

Для расчетного определения затрат на текущий ремонт производственного оборудования воспользуемся зависимостью:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.20)$$

где  $H_{т.р}$  – принятое значение отчислений на ремонт производственного оборудования,  $\approx 35\%$ ;

Подставив в (5.20) необходимые значения, получим:

$$P_{тр}^б = \frac{40000 * 35 * 0,03}{1812 * 100} = 0,23 \text{руб.}$$

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

Суммарные затраты на оборудование

$$З_{об}^б = 0,19 + 0,23 = 0,42 \text{руб.}$$

$$З_{\text{об}}^{\text{пр}} = 0,18 + 0,16 = 0,34 \text{руб.}$$

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$З_{\text{площ}} = \frac{Ц_{\text{площ}} * S_{\text{площ}} * На_{\text{площ}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 10060} \quad (5.21)$$

где:  $Ц_{\text{площ}}$  – цена 1м<sup>2</sup> производственной площади, руб.;

$На_{\text{площ}}$  – принятое значение нормы амортизации площади %;

$S_{\text{площ}}$  – площадь занимаемая производственным оборудованием, м<sup>2</sup>;

Подставив в (5.21) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 0,029}{1812 * 100} = 0,13 \text{руб.}$$

$$З_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 0,0162}{1812 * 100} = 0,11 \text{руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.22)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.23)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$  – норма штучного времени, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{нф}} * k_{\text{н}} \quad (5.24)$$

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 учитывающий доплаты при работе вечером и ночью.

Подставив в (5.24) необходимые значения, получим:

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

Подставив в (5.23) необходимые значения, получим:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,029 \cdot 74,8 \cdot 1,81 = 3,93 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,0162 \cdot 53 \cdot 1,81 = 1,61 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.25)$$

где  $k_{\text{д}}$  – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату, 10%.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 3,93 \cdot 10 / 100 = 0,39 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{пр}} = 1,61 \cdot 10 / 100 = 0,16 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{б}} = 3,93 + 0,39 = 4,32 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр}} = 1,61 + 0,16 = 1,77 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.26)$$

где  $N_{\text{соц}}$  – принятый коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.29) необходимые значения, получим:

$$O_{\text{сн}}^{\text{б}} = 4,32 \cdot 30 / 100 = 1,29 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн}}^{\text{пр}} = 1,77 \cdot 30 / 100 = 0,53 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + \text{О}_{\text{СН}} \quad (5.27)$$

Подставив в (5.27) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 4,86 + 0,54 + 0,42 + 0,13 + 4,32 + 1,29 = 11,56 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 5,83 + 0,49 + 0,34 + 0,11 + 1,77 + 0,53 = 9,07 \text{ руб.}$$

### 5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.28)$$

где  $P_{\text{ЦЕХ}}$  - сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.29)$$

где  $k_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент, который учитывает цеховые расходы, 2,5.

Подставив в (5.29) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 11,56 + 3,93 \cdot 2,5 = 11,56 + 9,82 = 21,38 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 9,07 + 1,61 \cdot 2,5 = 9,07 + 4,02 = 13,09 \text{ руб.}$$

### 5.6 Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.30)$$

где  $P_{\text{ЗАВ}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент, учитывающий заводские расходы, 1,8

Подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 21,38 + 3,93 \cdot 1,8 = 21,38 + 7,07 = 29,05 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 13,09 + 1,61 \cdot 1,8 = 13,09 + 2,89 = 15,98 \text{ руб.}$$

Результаты выполненных расчетов обобщим в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Калькуляция себестоимости

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	4,86	5,83
2	Фонд заработной платы	ФЗП	4,32	1,77
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	1,29	0,53
4	Затраты на оборудование	Зоб	0,42	0,34
5	Затраты на площади	Зпл	0,13	0,11
6	Затраты на электроэнергию	Зэ-э	0,54	0,49
	Себестоимость технологическая	Стех	11,56	9,07
7	Цеховые расходы		9,82	4,02
	Себестоимость цеховая	Сцех	21,38	13,09
8	Заводские расходы		7,07	2,98
	Себестоимость заводская	Сзав	29,05	15,98

### 5.7 Показатели экономической эффективности проекта

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = \left( C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.31)$$

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$Э_{у.г.} = (29,05 - 15,98) \cdot 1000 = 13070 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$Э_{г.} = [(C_{зав}^б + E_n \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_n \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (5.32)$$

$$Э_{г.} = [(29,05 + 0,33 \cdot 1,20) - (15,98 + 0,33 \cdot 28,24)] \cdot 1000 = 3700 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (5.33)$$

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,060 - 0,033}{0,060} \cdot 100\% = 45\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.34)$$

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 45}{100 - 45} = 59\%$$

Величину показателя снижения заводской себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}} - C_{\text{зав}}^{\text{ПП}}}{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.35)$$

Подставив в (5.35) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{29,05 - 15,98}{29,05} \cdot 100\% = 44\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{К_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} \quad (5.36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{28240}{13070} \approx 2 \text{ года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{2} = 0,5 \quad (5.37)$$

## 5.9 Выводы по экономическому разделу

В разделе Оценка экономической эффективности бакалаврской работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических

параметров, базового и проектного вариантов, как себестоимость сварки технологическая и заводская.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 45 %, увеличение производительности труда на 59 %, что уменьшило заводскую себестоимость на 44%. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 13070 рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 3700 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 28240 рублей будут окуплены за 2 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки амиакпровода обладает экономической эффективностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение производительности и качества сварочных операций при строительстве аммиакопровода.

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами и обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов.

Был выбран заменяющий способ сварки – механизированная сварка в аргоне.

Разработана проектная технология сборки и сварки стыка аммиакопровода

В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 45 %, повышению производительности труда на 59 %, снижению заводской себестоимости на 44%.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
2. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
3. Жерносеков А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.
4. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
6. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
7. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
8. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
9. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
10. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
11. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.

12. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
13. 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.
14. Спиваков В.И., Орлов Э.А. Исследование влияния деформационно-термических параметров асимметричного охлаждения на плоскостность, микроструктуру и механические свойства листов. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр.ИЧМ. К.: — Наукова думка, 2002. – Вып.4. – С. 321.
15. Сэйдж А.М. Металлофизический обзор высокопрочных низколегированных сталей для труб и фиттингов. // Стали для газопроводных труб и фиттингов. Труды конференции. – М.: Металлургия, 1985. – С.38– 59.
16. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
17. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
18. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
19. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности

- магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
20. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.
21. Махненко, В.И. Математическое моделирование язвенных дефектов в действующих нефте- и газопроводах и разработка численного метода оценки допустимых режимов дуговой заварки дефектов / В.И. Махненко, В.С. Бут, Е.А. Великоиваненко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2001. – № 11. – С. 3–10.