

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Отделение школы Электронной инженерии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
Технология, монтаж и изготовления эстакады нефтепроводов

УДК 621.791.014:622.692.23.072.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Русак Антон Русланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дедюх Р.И.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.			

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Отделение школы Электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Русак Антон Русланович

Тема работы:

Технология, монтаж и изготовления эстакады нефтепроводов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.03.2019, 1860/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>                  (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Разработка технологии, монтаж и изготовлении эстакады нефтепроводов марки стали С245.</p>
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>1) Обзор литературы; 2) выбор сварочных материалов; 3) расчет параметров режима сварки; 4) выбор источников питания; 5) расчет расхода сварочных материалов; 6) разработка технологии сборки, сварки; 7) обоснование выбора оптимального способа сварки.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>ФЮРА.501325.001 СБ эстакады нефтепроводов ФЮРА.02190.00001 Комплект технологической документации для сборки и сварки эстакады нефтепроводов.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Жаворонок А.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Гуляев М.В.</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>25.03.2019</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Дедюх Р.И.</p>	<p>к.т.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-1В41</p>	<p>Русак А.Р.</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В41	Русак Антон Русланович

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	15.03.01 «Машиностроение»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов материально-технических, энергетических, финансовых и информационных	– Расходные материалы; – Прейскурант; – Положение об оплате труда.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов	- отчисления во внебюджетные фонды (30,2%)

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного плана-графика проведения технического проекта	Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика.
2. Планирование и формирование сметы технического проекта	Планирование и формирование сметы технического проекта: – материальные затраты технического проекта; – полная заработная плата исполнителей темы; – отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); – накладные расходы.
3. Определение ресурсосберегающей эффективности технического проекта.	- Определение эффективности технического проектирования.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Календарный план-график проведения технического проекта;
2. Смета на разработку технологического процесса.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	25.03.19
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок А.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
---------------	------------	----------------	-------------

3-1В41	Русак Антон Русланович		
--------	------------------------	--	--

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В41	Русак Антон Русланович

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	15.03.01 «Машиностроение»

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения:	Объектом исследования является, разработка технологии, монтаж сварки, которая снизит затраты на изготовление эстакады нефтепроводов за счет оптимизации производства, расположенный в г. Томск АО” Транснефть Центральная Сибирь”. Марка стали С245
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность:	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов электроопасность; 1) повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей; 2) неудовлетворительный микроклимат; 3) повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл; 4) ультрафиолетовое и инфракрасное излучение; 5) повышенная яркость света при осуществлении процесса свар-

	ки; 6) повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах; 7) механическое повреждение (элементы оборудования) и инструмент; 8) движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент.
3. Экологическая безопасность:	Источники загрязнения окружающей среды: – металлические отходы; – вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов)
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.03.2019
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Русак Антон Русланович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 98 с., 5 рис., 33 табл., 57 формулы, 16 источников.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в среде защитных газов, эстакада нефтепровода, двутавровая балка, оптимизация производственного процесса.

Объектом исследования является: исследование возможности производства эстакады нефтепроводов с помощью двух способов сварки.

Цель работы - расчет параметров режима сварки эстакады нефтепроводов, описание технологии процесса сборки и сварки эстакады, выбор материалов, источника питания для ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов.

В результате анализа было выяснено, более оптимальным способом является ручная дуговая сварка, так как издержки на сварочные материалы и оборудования будут значительно ниже, чем при механизированной сварке в среде защитных газов, не смотря на то, что затраты на время сварки у второго способа меньше.

Для внедрения результатов в производство обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводили по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, в которых нередко встречаются противоречивые данные.

Область применения: машиностроительная, строительная отрасль.

Экономическая эффективность: сравнив издержки на сварочные материалы, стоимость источников питания сварки и затраты времени на производство можно сделать вывод, что наиболее оптимальным способом для производства эстакады нефтепроводов является механизированная сварка в защитном газе. В будущем планируется внедрить технологию в производство.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия»;
2. ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
3. ГОСТ 9466-75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия»;
4. ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры»;
5. ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный. Сортамент»;
6. ГОСТ 27772-80 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия»;
7. РД 34.15.132 – 96 «Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов».
8. СНиП 2.09.03-85 по проектированию отдельно стоящих опор и эстакад под технологические трубопроводы.

	С.
Введение	13
1 Литературный обзор	15
1.1 Конструктивные элементы опор и эстакад	18
1.2 Описание сварной конструкции	21
1.3 Характеристика ручная дуговая сварка	23
1.4 Характеристика автоматической сварки в среде защитных газов	24
2 Выбор сварочных материалов	27
2.1 Выбор электродов для РДС	27
2.2 Выбор сварочной проволоки	28
2.3 Выбор защитного газа	29
2.4 Выбор и обоснование рода и полярности тока	30
2.5 Технические условия на сварочные материалы	31
3 Технология производства	33
3.1 Технология производства эстакады нефтепроводов	33
3.2 Расчет параметров режима сварки	35
3.2.1 Расчет режима для РДС	35
3.2.2 Расчет режима для МП	38
3.3 Ориентировочная оценка химического состава. Механической характеристики шва	40
3.3.1 Ориентировочная оценка для МП	41
3.3.2 Ориентировочная оценка для РДС	44
3.4 Расход сварочных материалов	46
3.4.1 Расчет расхода покрытых электродов	46
3.4.2 Расчет количества электродной проволоки	46
3.4.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах	47
4 Выбор сварочного оборудования	48

4.1	Выбор источника питания для РДС	48
4.2	Выбор источника питания для МП	49
5	Организация контроля качества	52
5.1	Визуально измерительный контроль	52
5.2	Ультразвуковая дефектоскопия	52
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	55
6.1	Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного плана-графика проведения технического проекта	55
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	55
6.1.2	Определение участников каждой работы	56
6.1.3	Трудоемкость выполнения работ	57
6.2	Планирование и формирование сметы технического проекта	60
6.2.1	Материальные затраты технического проекта	60
6.2.2	Полная заработная плата исполнителей темы	61
6.2.3	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	63
6.2.4	Накладные расходы	64
6.2.5	Формирование сметы технического проекта	64
6.3	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки	65
6.4	Определение эффективности технического проектирования	71
7	Социальная ответственность	74
7.1.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
7.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	74
7.2	Производственная безопасность	76
7.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	78
7.2.1.1	Микроклимат	79
7.2.1.2	Шум и вибрация	81
7.2.1.3	Освещение	83
7.2.1.4	Повышенная яркость света	84
7.2.1.5	Электроопасность	85
		11

7.2.1.6 Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий. Наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл	87
7.2.1.7 Вредные психофизиологические факторы	88
7.2.1.8 Комбинации опасных факторов	90
7.2.1.9 Специальная оценка условий труда (СОУТ)	91
7.3 Экологическая безопасность	92
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
Заключение	94
Список использованных источников	95
Приложение А	97
Приложение Б	98
Диск CD-R	
ФЮРА.450701.021 Презентация.	

Файл Презентация Русак А.Р. ppt в формате PowerPoint 2007

Графический материал:

Титульный лист.	демонстрационный лист
Цели и задачи работы	демонстрационный лист
Общий вид изделия.	демонстрационный лист
Узлы эстакады.	демонстрационный лист
Приспособления для сборки и сварки фермы	демонстрационный лист
Схема прокладки трубопроводов по опорам и эстакадам.	демонстрационный лист
Режимы сварки, сварочное оборудование.	демонстрационный лист
Сравнительная оценка способов сварки.	демонстрационный лист
Выводы.	демонстрационный лист

## Введение

Согласно [1], сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и пластическом деформировании, также высокопроизводительный, экономически выгодный и механизированный технологический процесс, широко применяемый во всех отраслях машиностроения.

Сварочное производство занимает ведущее положение в машиностроении. В настоящее время достигнуты значительные успехи в разработке прогрессивных методов сварки, создании высокоэкономичных сварных конструкций, освоении сварки многих специальных сталей, цветных металлов и их сплавов, и других материалов.

На предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, газовой, энергетической, металлургической промышленности широко применяется транспортирование продукта по трубопроводам, прокладываемым над землей по отдельно стоящим опорам и эстакадам.

Проектирование отдельно стоящих опор и эстакад осуществляется организациями различного профиля, как по типовым, так и по индивидуальным проектам.

Для рационального проектирования конструкций опор и эстакад большое значение имеют исследования, проведенные в последнее время по снижению их материалоемкости, а именно уменьшению горизонтальных технологических нагрузок, разработке конструкций опор и эстакад с применением свай и предварительно напряженных конструкций и др.

Целью данного проекта является разработка технологии, монтажа и изготовления эстакады нефтепровода, что позволило бы ускорить работу, сделать процесс более дешевым и технологичным.

В результате выполненной работы были рассмотрены два метода сварки крестового соединения: ручной дуговой покрытыми электродами и механизированной в среде защитных газов.

В результате исследования было выявлено, что наиболее лучшим видом сваривания эстакады нефтепроводов является механизированная сварка. Этот вариант нам обходится дешевле на 405 руб/изд и годовой экономический эффект от применения лучшего варианта составляет 384654 руб/год. подвести итог, что реализация данной технологии является наиболее эффективным вариантом с точки финансовой и ресурсной эффективности.

## 1. Литературный обзор

Опоры и эстакады под технологические трубопроводы представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для размещения технологических трубопроводов.

На сегодняшний день актуальной задачей является оптимизация производственного процесса, при изготовлении различного рода конструкций.

Согласно техническому заданию, необходимо разработать технологию изготовления эстакады нефтепровода с помощью ручной дуговой сварки (РДС) и механизированной сварки в среде защитных газов (МП). Поэтому при сравнении данных способов сварки необходимо рассмотреть издержки на материалы, сварочное оборудование, затраты на время сварки, и выбрать наиболее оптимальный способ сварки, что оптимизирует производственный процесс изготовления эстакады нефтепровода.

Описание технологии процесса сборки и сварки, выбор материалов, источников питания. Стальной каркас эстакады состоит из уголков разных размеров.

Для утверждения выбора материала для сварных конструкций рассматривают следующие основные вопросы:

- обеспечение необходимой прочности и жесткости при наименьших затратах на изготовление с учетом максимальной экономии металла;
- гарантированное условие хорошей свариваемости при минимальном разупрочнении и снижении пластичности в зонах сварных соединений;
- обеспечение надежности эксплуатации конструкции при заданных нагрузках, агрессивных средах и переменных температурах.

Отдельно стоящие опоры и эстакады, сооружаемые на промышленных предприятиях, предназначаются для размещения на них различных технологических трубопроводов.

Отдельно стоящие опоры используются под трубопроводы больших диаметров. При этом используется несущая способность трубопроводов на изгиб, поэтому отпадает потребность в пролетных строениях. Расстояние между опорами определяется несущей способностью трубопроводов. При малых и средних диаметрах труб шаг опор колеблется в пределах 10...25 м.

Уклон трубопроводов достигается за счет изменения отметки обреза фундаментов. Трасса трубопроводов разбивается на температурные отсеки длиной до 100 м, ограниченные компенсаторами.

Отдельно стоящие опоры выполняются сборными железобетонными или из стали. Состоят они из фундаментов, стоек и траверс. По характеру загрузки опоры подразделяются на промежуточные и анкерные. Анкерные опоры рассчитаны на восприятие горизонтальных усилий и устанавливаются в середине температуры отсеков, на концах трассы и по одной с каждой стороны ее поворота или ответвления. На анкерных опорах трубопроводы крепятся неподвижно, на промежуточных опорах крепление допускает температурные перемещения. По конструктивному решению опоры подразделяются на одностоечные и двухстоечные.

В двухстоечных опорах траверсы выполняются в виде двухконсольных балок, что уменьшает изгибающие моменты, а на консолях удобно подвешивать трубопроводы, которые не требуется заводить между стойками.

Соединения стоек и траверс при двухстоечных опорах обычно выполняются путем сварки закладных деталей, предусмотренных в стойках и траверсах.

Опоры под трубопроводы могут быть одноярусными и двухъярусными. В одноярусных двухстоечных отдельно стоящих опорах высотой до 3 м стойками могут быть сваи, что исключает устройство фундаментов.

Иногда низкие промежуточные опоры выполняются в виде траверс, уложенных плашмя на песчаную подушку, насыпанную взамен растительного слоя.

Эстакады – наклонные или горизонтальные сооружения, которые прокладываются поверх дорог или коммуникаций, над проходом или проездом. Они состоят из пролетного строения и опор.

Эстакады под трубопроводы состоят из фундаментов, опор и пролетных строений с траверсами для укладки трубопроводов. Эстакады могут быть одноярусными, двухъярусными и трехъярусными.

Пролеты эстакад (расстояние между осями опор вдоль трассы) принимаются 12, 18, 24 м. Чертеж общего вида приложен к приложению Б.

Опоры эстакад могут выполняться из сборного железобетона или стали. В одноярусных эстакадах сборные железобетонные опоры могут быть одностоечными с железобетонными или стальными горизонтальными элементами.

Стальные опоры эстакад выполняются двухстоечными решетчатыми, при этом верхняя распорка опускается ниже низа траверсы на 0,8 м, что позволяет пропускать трубопроводы под траверсами. Фундаменты этих опор выполняются из бетона или железобетона, при этом верх их располагают выше земли примерно на 300 мм, что улучшает защиту башмаков опор от коррозии.

Пролетные строения эстакад могут выполняться из сборного железобетона в виде двутавровых балок при размерах пролетов 12 м.

В случае применения больших пролетов более целесообразным по технико-экономическим условиям является применение стальных конструкций.

Широкое применение в эстакадах находят пролетные строения в виде ферм с параллельными поясами.

Траверсы в эстакадах, так же как и в отдельно стоящих опорах, выполняются в виде двухконсольных балок. Железобетонные траверсы применяются в случае устройства железобетонных главных балок пролетных строений. Расстояние между траверсами вдоль трассы принимается 3...6 м.

Соединение сборных железобетонных пролетных строений и стоек, а также траверс с пролетными строениями выполняется при помощи сварки закладных деталей. Закладные детали должны тщательно защищаться от корро-

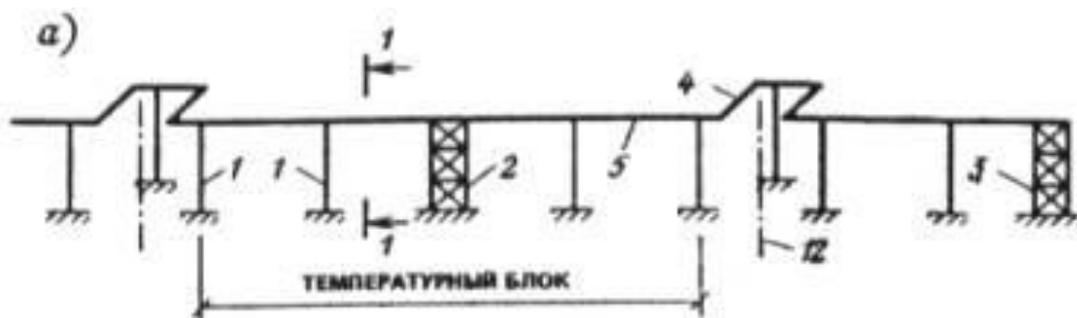
зии путем обетонирования их по стальным сеткам, которые должны привариваться к закладным деталям. В тех местах, где нельзя выполнить обетонировку, открытые поверхности закладных деталей должны систематически окрашиваться. Сложность устройства антикоррозийной защиты является большим недостатком конструкции этих сварных узлов.

### 1.1 Конструктивные элементы опор и эстакад

К технологическим трубопроводам относятся трубопроводы, предназначенные для транспортирования в пределах промышленного предприятия или группы этих предприятий различных веществ (сырья, воды, промежуточных и конечных продуктов), тепловые сети и т.п., необходимые для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

Опоры и эстакады под технологические трубопроводы представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для размещения технологических трубопроводов. Проектирование указанных сооружений должно осуществляться в соответствии со СНиП 2.09.03-85.

Отдельно стоящая опора под трубопроводы состоит из одной или нескольких колонн, связей, траверсы и фундамента (рисунок 1, а)



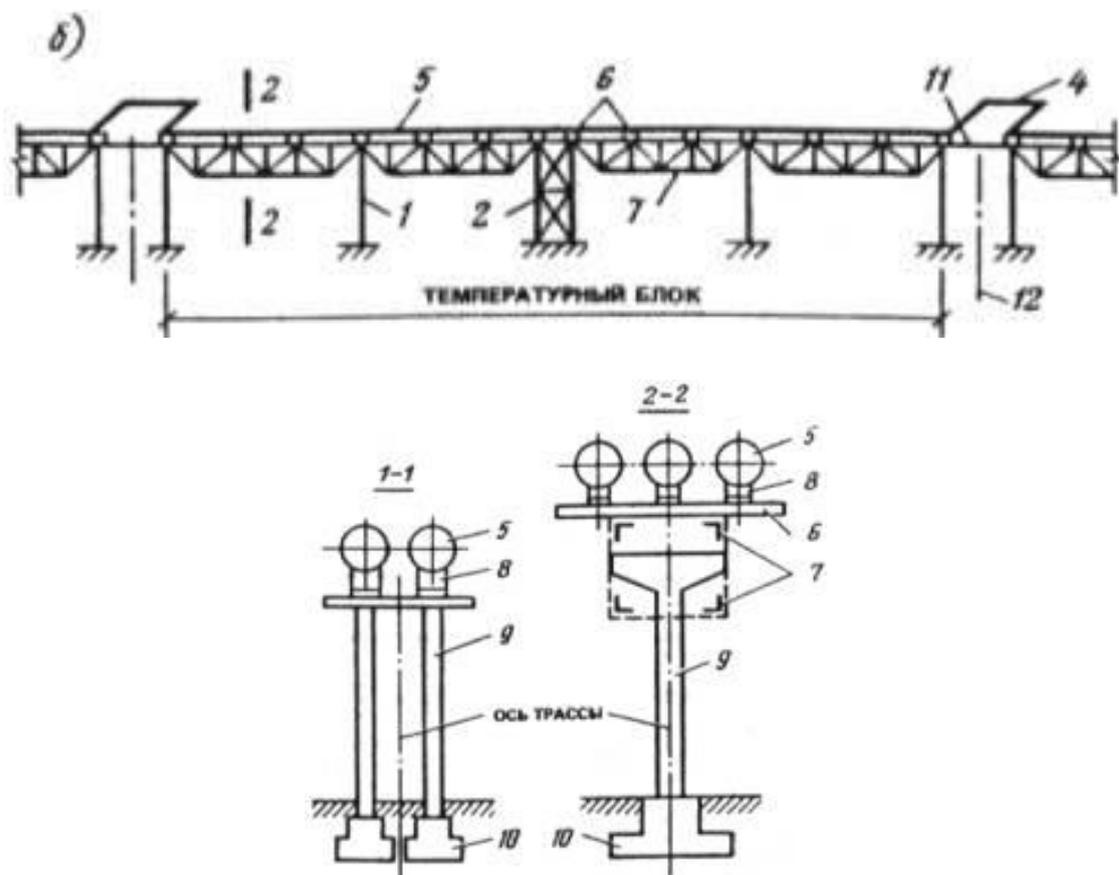


Рисунок 1 – Схема прокладки трубопроводов по опорам и эстакадам

а - прокладка по опорам; б - прокладка по эстакадам; 1 - промежуточная опора; 2 - анкерная промежуточная опора; 3 - анкерная концевая опора; 4 - компенсатор; 5 - трубопровод; 6 - траверса; 7 - пролетное строение; 8 - опорная часть трубопровода; 9 - колонна; 10 - фундамент; 11 - вставки температурного блока; 12 - ось температурного разрыва.

Эстакада состоит из опор (опора включает в себя: колонны, связи, ригели, фундаменты), пролетных строений (ферм, балок), траверс, связей по фермам (рисунок 1,б).

В продольном направлении отдельно стоящие опоры и эстакады следует разбивать на температурные блоки, длина которых принимается в зависимости от предельных расстояний между неподвижными опорными частями трубопроводов и расчета конструкций на климатические воздействия. Температурный

блок (см. рисунок 1) состоит из пролетных строений, одной анкерной опоры и промежуточных опор.

Анкерные промежуточные опоры следует устанавливать, как правило, в середине температурного блока. В местах поворота или конца трассы применяются анкерные угловые или концевые опоры. Передача нагрузок на отдельно стоящие опоры и эстакады от трубопроводов производится посредством подвижных и неподвижных опорных частей трубопроводов. Восприятие температурных удлинений трубопроводов осуществляется компенсаторами. Опорные части, и компенсаторы относятся к деталям трубопроводов и задаются заданием на проектирование.

Прокладку трубопроводных сетей следует предусматривать вдоль проездов и дорог, как правило, со стороны, противоположной размещению тротуаров и пешеходных дорожек, выбирая по возможности кратчайшее расстояние между зданиями и сооружениями.

Внутри производственных кварталов трассы трубопроводов следует проектировать параллельно линиям застройки. Пересечение трубопроводов с железными и автомобильными дорогами должно предусматриваться, как правило, под углом  $90^\circ$ , но не менее  $45^\circ$ . Высоту (расстояние от планировочной отметки земли до верха траверсы) отдельно стоящих опор и эстакад следует принимать: для низких отдельно стоящих опор - от 0,3 до 1,2 м, кратной 0,3 м в зависимости от планировки земли и уклонов трубопроводов; для высоких отдельно стоящих опор и эстакад - кратной 0,6 м, обеспечивающий проезд под трубопроводами и эстакадами железнодорожного и автомобильного транспорта в соответствии с габаритами приложения строений по ГОСТ 9238-83 и СНиП 2.05.02-85.

Прокладку трубопроводов на эстакадах рекомендуется применять при большом количестве трубопроводов малых диаметров, ответвлений и пересечений, при большой плотности застройки территории предприятия. Прокладку трубопроводов на низких опорах следует предусматривать по территории, не

подлежащим застройке, при отсутствии, как правило, пересечения с дорогами, а также вне пахотных земель.

Раскладка трубопроводов на траверсах эстакад и отдельно стоящих опор производится с учетом наиболее рационального решения компенсаторных узлов, упрощения развязки узлов, упрощения развязки узлов трубопроводов в местах ответвлений, а также с учетом наиболее рационального нагружения строительных конструкций.

## 1.2 Описание сварной конструкции

Описание свойств свариваемого материала начинается с общей характеристики стали и сплава, физико-химических свойств и химического состава. Необходимо определить влияние физических характеристик и химического состава на процесс сварки и получение сварного шва высокого качества.

Основу каркаса изготовлена из стали С245. Заменителем стали является Ст3сп5.

Ст3сп5 – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества общего назначения.

Назначение – несущие элементы сварных конструкций, работающих при положительных температурах, переменных нагрузках при толщине проката до 25мм в интервале температур от 40 до 425°С, при толщине проката свыше 25мм – при условии поставки с гарантируемой свариваемостью.

По химическому составу стали произведем расчет эквивалентного содержания углерода, который служит оценкой свариваемости выбранного материала

$$C_{\text{э}} = C + \frac{1}{9}(Mn + Cr) + \frac{1}{18}Ni + \frac{1}{13}Mo \quad (1)$$

Химический состав и механические свойства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Химический состав СтЗсп5 ГОСТ 380-71

Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %							
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
					не более				
СтЗсп5	380-71	0,14-0,22	0,4-0,65	0,12-0,3	0,04	0,05	0,3	0,3	0,3

Таблица 2 - Механические свойства СтЗсп5

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\varphi$	КСИ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
			МПа		%			
			не менее					
8479-70	нормализация	до 100	175	353	22	55	64	101-143
		100-300	175	353	24	50	59	
8479-70	нормализация	до 100	195	392	26	55	59	111-156
		100-300	195	392	23	50	54	

Полный эквивалент углерода рассчитывается с учетом толщины свариваемого металла, которая является поправкой к эквиваленту углерода:

$$C'_3 = C_3 (1 + 0,005 \cdot S) \quad (2)$$

$$C_3 = 0,14 + \frac{1}{9}(0,4 + 0,3) + \frac{1}{18}0,3 = 0,23\%$$

$$C'_3 = 0,23(1 + 0,005 \cdot 30) = 0,26$$

Данная сталь относится к группе , которая свариваются без ограничений и в широком диапазоне режимов, так как  $C'_3 \leq 0,45\%$ , предварительный подогрев не нужен.

Технические условия на основной металл качества должно соответствовать требованиям сертификата, который отправляют заводы-поставщики вместе с партией металла.

В нем указывается наименование завода-изготовителя, марку и химический состав стали, номер плавки, профиль и размеры материала, массу металла и номер партии, результат всех испытаний, предусмотренных стандартом, номер стандарта на сталь данной марки.

При отсутствии сертификата металл запускают в производство лишь после тщательной проверки: необходимо произвести наружный осмотр, пробу на свариваемость, установить механические свойства и химический состав металла.

### 1.3 Характеристика ручная дуговая сварка

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из самых известных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Из-за его простоты и мобильности применения оборудования, возможность выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки.

Основной недостаток ручной дуговой сварки покрытым электродом – малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика.

К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный и переменный сварочный ток (рис. 2). Дуга 1 расплавляет металлический стержень электрода 2, его покрытие и основной металл 3.

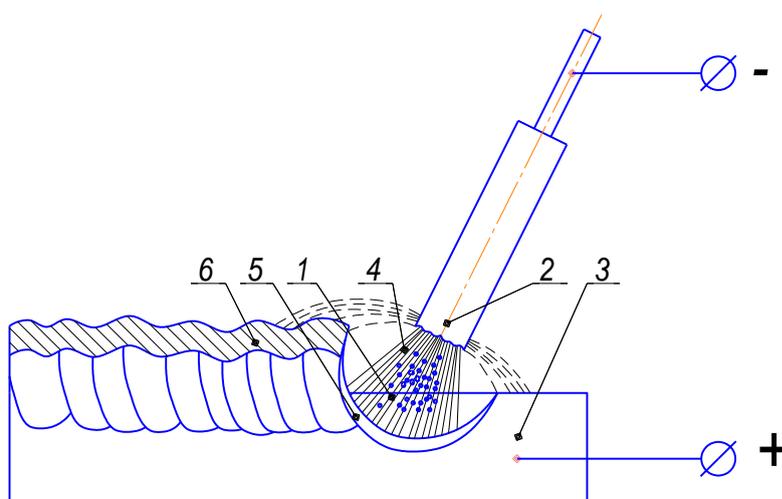


Рисунок 2 - Ручная дуговая сварка покрытым электродом.

Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель 4, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну 5. В сварочной ванне расплавленный металл электрода и основного металла смешивается, а расплавленный шлак всплывает на поверхность, образуя шлаковую корку 6.

Размеры сварочной ванны зависят от режима сварки и обычно находятся в пределах: глубина до 7 мм, ширина 8-15 мм, длина 10-30 мм, доля участия основного металла в формировании металла шва обычно составляет (15-35) %.

Данный вид сварки подходит, обеспечит проплавление металла, но не эффективен на современном развитии сборочно-сварочного производства в условиях заводского изготовления конструкций эстакады нефтепровода, увеличивается продолжительность сварки из-за низкой скорости сварки. Но для монтажных сварочных работ принимаю данный способ сварки.

#### 1.4 Характеристика автоматической сварки в среде защитных газов

Сварка в защитных газах широко применяется в промышленности. Таким способом можно соединять в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей миллиметра до десятков миллиметров.

При сварке в зону дуги - 1 через сопло - 2 непрерывно подается защитный газ - 3 (рис. 3).

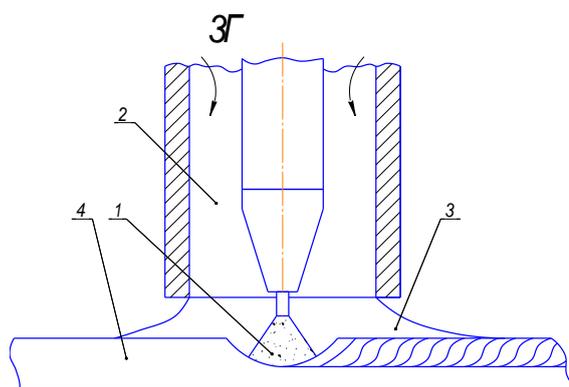


Рисунок 3 - Сварка в среде защитных газов.

Теплотой дуги расплавляется основной металл - 4 и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны кристаллизуется, образуя свар-

ной шов. В качестве защитного газа применяется углекислый газ. Для уменьшения потерь на разбрызгивание применяют смесь углекислого газа и аргона (до 50%) и углекислого газа и кислорода (до 30%).

Сварку выполняют проволокой св-08Г2С диаметром 1,6 мм. Структура и свойства металла шва и околошовной зоны зависят от марки использованной проволоки, состава и свойств основного металла и режима сварки.

На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании азота и водорода, а также влаги в швах могут образовываться поры. Сварка в углекислом газе менее чувствительна к отрицательному влиянию ржавчины.

Допустимое расстояние от сопла горелки до изделия лежит в пределах 15-25 мм. Если вылет электрода больше, то может нарушиться газовая защита сварочной ванны. При меньшем вылете электрода быстро изнашивается токоподводящий мундштук и ухудшаются условия формирования шва.

Большинство металлов данным способом свариваются на постоянном токе прямой полярности, что обеспечивает лучшие условия термоэлектронной эмиссии и допустимую силу сварочного тока.

Данный вид сварки наиболее полно подходит для сварки данной конструкции и наиболее распространен в сборочно-сварочном производстве.

Если выбирать механизированную сварку в среде защитных газов. Такой способ обеспечит высокое качество соединения сварных швов, достигаемое за счет применения смесей газов, которое обеспечивает защиту расплавленного металла от воздуха, создающего условия для удаления газов из сварного шва при остывании и обеспечивающего легирование наплавленного металла.

По сравнению со сваркой в чистом  $\text{CO}_2$ , сварка в смеси имеет следующие преимущества:

- минимальное разбрызгивание электродного металла (2-3%);
- качественное формирование швов с плавным переходом к основному металлу;

- повышение производительности электросварщиков на 15-20%;
- высокие показатели механических свойств наплавленного металла, особенно значением ударной вязкости при отрицательных температурах;
- улучшение санитарно-гигиенических условий труда электросварщиков в результате снижения выделяемых сварочных аэрозолей.

Недостатком является повышенное излучение сварочной дуги, что необходимо увеличивать при подборе защитных стёкол. Наиболее рациональным является следующий состав смеси: 80%Ar+20%CO<sub>2</sub>.

Типы сварных швов и конструктивные элементы подготовки кромок, а также размеры наложенных сварных швов, выполненных механической сваркой в смеси аргона и углекислого газа, выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 14771-76. Механизированная сварка в смеси защитных газов выполняется на постоянном токе обратной полярности.

## 2 Выбор сварочных материалов

### 2.1 Выбор электродов для РДС

Для сварки металлоконструкций должны применяться электроды диаметром 2,5 - 6 мм. Диаметр в свою очередь определяется в зависимости от толщины свариваемого металла и положения шва в пространстве. Для сварки корневых слоев шва и для подварки шва с обратной стороны следует применять электроды диаметром 2,5 - 4 мм [3].

Для выбора необходимого электрода, нужно рассмотреть несколько марок отечественных и зарубежных электродов, сравнить их химический состав и механические свойства наплавленного металла приведенные в таблицах 3, 4:

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла, %

Тип и марка электрода	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
				не более	
ОЗС-23	0,10	0,08 - 0,18	0,4 - 0,6	0,04	0,04
УОНИ-13/45	0,08 - 0,12	0,18 - 0,3	0,55 - 0,7	0,04	0,03
АНО-20	0,10	0,30	0,6 - 0,8	0,04	0,04
УОНИ-13/55	0,08 - 0,12	0,18 - 0,4	0,8 - 1,0	0,03	0,03

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла при комнатной температуре

Тип и марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение, d <sub>5</sub> , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> (кгс и м/см <sup>2</sup> )
	не менее		
ОЗС-23	450(46)	20	98(10)

Продолжение таблицы 4

УОНИ-13/45	410(42)	22	147(15)
АНО-20	470(48)	30	137(14)
УОНИ-13/55	490(50)	20	127(13)

Одна из главных характеристик электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей - временное сопротивление. Этот показатель позволяет судить о соответствии прочности металла сварного шва и свариваемой стали. Следует помнить, что использование электродов с большим временным сопротивлением, чем у свариваемой стали, может привести к концентрации сварочных напряжений в сварных швах, что отрицательно отразится на работоспособности сварной конструкции [3]. Следовательно, из вышеперечисленных сталей наиболее подходящий является УОНИ 13/45, т.к. он имеет более близкое значение временного сопротивления к стали СтЗсп5 (390 кгс/мм<sup>2</sup>).

## 2.2 Выбор сварочной проволоки

Для сварки конструкционной углеродистой стали СтЗсп5 в смеси газов CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> применяют проволоку с повышенным содержанием кремния и марганца. Так как процесс сварки в смеси газов CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> характеризуется активным процессом окисления, то можно предложить такие марки проволок приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Химический состав наплавленного металла, по паспортным данным

Марка проволоки	Химический состав, %								
	углерод	кремний	марганец	хром	никель	молибден	сера	фосфор	прочие элементы
							не более		

Продолжение таблицы 5

Св-08А	Не бо- лее 0,10	Не бо- лее 0,03	0,35- 0,60	Не бо- лее 0,12	Не бо- лее 0,25	-	0,030	0,030	Алю- миний не бо- лее 0,01
Св-10Г2	Не бо- лее 0,12	Не бо- лее 0,06	1,50- 1,90	Не бо- лее 0,20	Не бо- лее 0,30	-	0,030	0,030	-
Св- 08Г2С	0,05- 0,11	0,70- 0,95	1,80- 2,10	Не бо- лее 0,20	Не бо- лее 0,25	-	0,025	0,030	-
Св- 10НМА	0,07- 0,12	0,12- 0,35	0,40- 0,70	Не бо- лее 0,20	1,00- 1,50	0,40- 0,55	0,025	0,020	-

Металл шва в низколегированных сталях содержит небольшое количество азота. Это объясняется его малой концентрацией в пламени. Водород, который остается в шве в значительных количествах и может вызывать в них поры. Окисление FeO за счет углерода с образованием CO также приводит к пористости шва. Поэтому рекомендуется применять проволоки с пониженным содержанием углерода. Выгорание кремния и марганца может привести к снижению пластичности металла шва - механические свойства металла шва могут быть в некоторой степени улучшены горячей проковкой или последующей термообработкой (нормализация или низкотемпературный отжиг) [3]. Следовательно, оптимальной проволокой в данном случае будет являться Св-08Г2С.

### 2.3 Выбор защитного газа

Выбор защитного газа. Для полуавтоматической сварки стали СтЗсп5 проволокой Св-08Г2С можно предложить в качестве защитного газа CO<sub>2</sub> или смесь газов CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>.

В качестве защитной зоны сварки рационально использовать смесь газов, которые имеют ряд преимуществ не только технологических, но и экономических.

Выбираем смесь газов  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ , т.к. уменьшается разбрызгивание, которые легче отделяются от металла. Металл шва более стойкий против образования пор. Смесь  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  дешевле чем  $\text{CO}_2$ . Возможность сварки с большим вылетом электрода.

Данная сварка имеет ряд технико-экономических преимуществ:

- относительная простота процесса сварки, обеспечивающая хорошее качество сварных швов;
- сварка в  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  позволяет получить швы со слабой чувствительностью к ржавчине;
- доступность криволинейных и коротких швов;
- высокая маневренность и продуктивность процесса;
- объем ванны расплавленного металла при сварке в  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  меньше, а скорость кристаллизации за счет обдува места сварки защитным газом – больше;
- возможность непосредственного наблюдения за процессом сварки;
- небольшая стоимость наплавленного металла, аппаратуры; возможность использования имеющегося сварочного оборудования;
- возможность использования самозащитных и активных, порошковых проволок;
- стойкость швов против пор выше, чем у  $\text{CO}_2$ .

#### 2.4 Выбор и обоснование рода и полярности тока

Выбор рода оказывает существенное влияние на весь технологический процесс изготовления конструкции, так как от правильного выбора рода тока во многом зависит качество сварных соединений.

Полуавтоматическую сварку в смеси  $\text{CO}_2+\text{O}_2$  выполняем на постоянном токе обратной полярности, это объясняется тем, что при прямой полярности процесс сварки характеризуется большим разбрызгиванием, даже на уменьшенном токе. Это приводит к смещению глубины провара. Кроме этого, сварка на прямой полярности характеризуется активным окислением электродов и склонности швов к появлению пор, трещин. Поэтому выбираем постоянный ток обратной полярности, что обеспечивает стабильное горение дуги, и улучшается формирование сварочного шва, его технологичности и качества показателей.

## 2.5 Технические условия на сварочные материалы

Технические условия на сварочную проволоку. ГОСТ 2246-70 на сварочную проволоку и ГОСТ 10543-75 на проволоку стальную наплавочную устанавливают марку и диаметры сварочной проволоки, химический состав, правила приемки и методы испытаний, требования к упаковке, транспортированию и хранению.

Каждая бухта сварочной проволоки должна иметь металлическую бирку, на которой указано наименование и товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение согласно стандарту и номеру партии.

Технические условия на электроды. При сварке конструкций, в чертежах которых указан тип электрода, нельзя применять электроды, не имеющие сертификата. Электроды без сертификата можно использовать после тщательной проверки.

При этом в соответствии с ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 проверяют прочность покрытия, сварочные свойства электродов, определяют механические свойства металла шва и сварного соединения на образцах, сваренных электродами из проверяемой партии. О пригодности электродов для сварки судят также и по качеству наплавленного металла, который не должен иметь пор, трещин и шлаковых включений.

Технические условия на защитный газ. Требования к защитному газу предъявляются согласно ГОСТ 8050-85. Углекислый газ поставляется в массе  $\text{CO}_2$ , хранится в баллонах под давлением 5-6МПа. Предусмотрено два сорта углекислоты: с содержанием  $\text{CO}_2$  не больше 99,5%-1 сорт; с содержанием  $\text{CO}_2$  не больше 99%-2 сорт. На баллоне с газом должно быть указано: дата проверки; знак поставщика; месяц и год изготовления; номер или тип баллона; давление; фактическая масса.

Технические условия на кислород. Используя технический кислород по ГОСТ5583-78. По этому стандарту изготавливается кислород трех сортов с наличием кислорода 99,7%, 99,5%, 99,2% по объему. Наличие водяных паров не должно превышать  $0,07\text{г/м}^3$ .

### 3. Технология производства

#### 3.1 Технология производства эстакады нефтепроводов

При поступлении проката на завод, металл должен быть осмотрен и проверен на соответствие действующим стандартам или техническим условиям (по сертификатам), рассортирован, замаркирован, сложен по сортаментам, маркам, плавкам и толщинам. Приемка должна осуществляться ОТК [16].

Подгонку монтажных соединений следует производить с помощью сборочно-стяжных приспособлений. Сборочно-стяжные приспособления следует убирать только после заполнения разделки не менее чем на  $1/3$  высоты шва.

Прихватки выполняется сварочным электродом той же марки, что применяется для сварки стыкуемых деталей и узлов. При этом недопустимы поры, подрезы, прожоги, трещины.

Длина прихваток при сборке деталей 15-20 мм. Расстояние между прихватками 150-250мм.

На участках пересечения сварных соединений запрещается располагать прихватки на расстоянии менее 50 мм от шва, выполняемого в первую очередь.

Прихватки очистить от шлака, металлических брызг и проверить внешним осмотром. Некачественные прихватки подлежат удалению.

Гребенки при сборке следует устанавливать под углом около  $90^\circ$  к оси сварного шва параллельно друг другу, с приваркой к обоим стыкуемым листам. Гребенки могут быть изготовлены из листа или полосульба.

Толщина гребенок, изготовленных из листа, должна быть в пределах  $0,5S < S_1 < S$ , но не более 24 мм ( $S$  – минимальная толщина стыкуемых листов,  $S_1$  – толщина гребенок). Высота не менее 80 мм. Длина гребенок должна быть от 350 до 450 мм.

При выполнении сборки деталей толщиной более 8 мм зазоры под сварку следует выдерживать с помощью технологических закладных планок, толщина

которых должна быть равна номинальному зазору под сварку.

Детали, поступающие на сборку, должны быть обработаны, выправлены, замаркированы и приняты службой ОТК, а также очищены от грязи, масла, ржавчины и не иметь на поверхности и кромках дефектов в виде трещин, забоин, вмятин и вырывав.

Детали, поступающие на сборку с припуском, должны иметь соответствующую маркировку, указывающую величину припуска.

Удаление технологических раскреплений, транспортировочных обухов и других вспомогательных конструкций необходимо производить газовой резкой, оставляя при подставка этом 2-3 мм припуск. Припуск удалить зачисткой пневмомашинкой. Запрещается удалять приспособления и выводные планки ударным или способом. При наличии заломов на стыкуемых кромках для секций и блоков их необходимо выправить.

Для уменьшения местных сварочных деформаций по монтажным стыкам конструкций корпуса необходимо применять специальные технологические мероприятия.

При необходимости рекомендуется устанавливать прижимные балки в непосредственной близости от швов (30мм в сторону шва) и снимать их после сварки и остывания данного соединения.

Правку следует производить до испытания конструкций на непроницаемость.

Установку временных подкреплений и транспортных рымов следует производить по документации, разработанной предприятием – строителем [16].

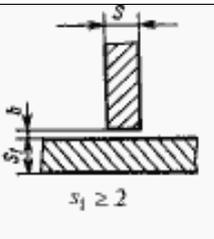
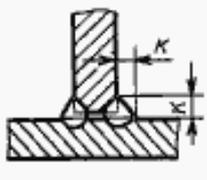
## 3.2 Расчет режимов сварки

### 3.2.1 Расчет режима для РДС

Для того что бы определить режим сварки необходимо начать с диаметра электрода, который назначают в зависимости от толщины листов при сварке швов стыковых и от катета шва при сварке швов тавровых и угловых соединений.

При ручной дуговой сварке в соответствии с ГОСТ 5264-80 установлены следующие геометрические размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва, которые приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Геометрические размеры подготовки кромок и сварного шва

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 2 до 3	0	+1
			Св. 3 до 15		+2
			Св. 15 до 40		+3

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6,с.180]

Так при толщине листов 10 мм катет шва равен 9 мм. Для катета 9 мм рекомендуется применять электроды диаметром 5-6 мм.

Для определения числа проходов при сварке угловых и тавровых соединений общая площадь наплавленного металла вычисляется по формуле:

$$F_n = \frac{K_y \cdot K^2}{2} = 60,6 \quad (3)$$

где  $K$  – катет шва;

$K$  – коэффициент, учитывающий усиление шва (при  $K=9, K_y=1,25$ ).

Сварка ведется за два прохода: корень заварить электродом  $d=3$  мм. Второй проход выполнить электродом диаметром  $d=5$  мм.

Площадь металла, наплавленного за один проход при котором обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять:

для первого прохода (при проварке корня шва)

$$F_1 = (6 \div 8)d_s = (6 \div 8) \cdot 3 = 18 \div 24 \text{ мм}^2. \quad (4)$$

для второго прохода

$$F_1 = (8 \div 12)d_s = (8 \div 12) \cdot 3 = 40 \div 60 \text{ мм}^2.$$

Определение величины сварочного тока: при ручной дуговой сварки сила тока выбирается в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока. Для каждого прохода будет своя сила тока:

$$I_{св}^1 = \frac{\pi d^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 13 = 90 \text{ А}, \quad (5)$$

$$I_{св}^2 = \frac{\pi d^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 200 \text{ А}.$$

где  $j$ - допускаемая плотность тока (при  $d=5$  мм,  $j=10$  А/мм<sup>2</sup>, при  $d=3$  мм,  $j=13$  А/мм<sup>2</sup>)  
Определение напряжения на дуге: напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами изменяется в пределах от 20 до 34 В. При проектировании технологических процессов сварки напряжение выбирается на основании рекомендаций справочников и паспорта на данную марку электрода.

Определение скорости сварки:

$$V_{св}^1 = \frac{a_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 90}{3600 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 0,1 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 3,6 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (6)$$

$$V_{св}^2 = \frac{a_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{12 \cdot 200}{3600 \cdot 0,4 \cdot 7,8} = 0,17 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 6,12 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

где  $a_n$ – коэффициент наплавки (12 г/А);

$\gamma$ – плотность стали (7,8 г/см<sup>3</sup>).

Определение погонной энергии:

$$q_n^1 = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{90 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,11} = 18 \frac{\text{кДж}}{\text{см}}, \quad (7)$$

$$q_n^2 = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{200 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,17} = 23,5 \frac{\text{кДж}}{\text{см}}.$$

где  $\eta_u$  – эффективный КПД для ручной дуговой сварки ( $\eta_u=0,8$ ).

Определение глубины проплавления:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V_{св} \cdot c_p \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8 \cdot 90 \cdot 25}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 0,75 \text{ см}, \quad (8)$$

где  $q = \eta_u \cdot I_{св} \cdot U_{д}$  – эффективная тепловая мощность источника;

$c_p$  – объемная теплоемкость ( $4,9 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{град}$ ).

Следовательно, при ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)r = 0,37 \div 0,5 \text{ см}. \quad (9)$$

Определение мгновенной скорости охлаждения:

Мгновенную скорость охлаждения металла при заданной температуре определяют по формуле [7, стр.14]:

$$\omega = 2\pi\lambda c_p \frac{(T - T_0)^3}{\left(\frac{q}{V} \cdot \delta\right)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,39 \cdot 4,9 \frac{(500 - 25)^3}{\left(\frac{1800}{0,1} \cdot 1\right)^2} = 3,9 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{с}}, \quad (10)$$

где  $T_0$  – начальная температура изделия,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T=500^{\circ}\text{C}$ ;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности (по [7]  $0,39 \text{ Дж/см с град}$ ).

В ходе данных расчётов были выбраны режимы для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно [15].

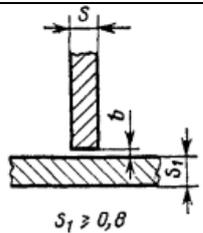
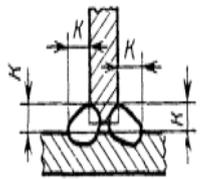
### 3.2.2 Расчет режима для МП

Основные параметры режима механизированной сварки в защитных газах, оказывающие значительное влияние на формирование шва, являются сила

сварочного тока, плотность тока в электроде, напряжение дуги, скорость сварки, род тока и его полярность. При определении режима сварки необходимо выбрать такие параметры, которые обеспечат получение швов заданных размеров, форм и качества [3].

При сварке в смеси углекислого газа и кислорода плавящимся электродом в соответствии с ГОСТ 14771-76 установлены следующие размеры подготовки кромок под сварку и размеры сварного шва (таблица 7).

Таблица 7 – Геометрические размеры подготовки кромок под сварку и сварного шва по [16]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s	b	
	Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.
ТЗ			От 6 до 20	0	+1,5
			Св. 22 до 40		+2

Расчет производится согласно формулам и рекомендациям [6,с.187]

Выбирается диаметр электродной проволоки согласно рекомендации равным 1,6 мм, катет шва принимаем равным k=10 мм.

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2. \quad (11)$$

Определение силы сварочного тока по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2}{4} j = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 80 = 350 \text{ А}, \quad (12)$$

где  $j$  - допускаемая плотность тока (при  $d=1,6$ ,  $j=80$  А/мм<sup>2</sup>).

Определение оптимального напряжения дуги:

$$U_{\delta} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot I_{св}}{d_{\delta}^{0,5}} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 350}{1,6^{0,5}} = 30В. \quad (13)$$

Определение коэффициента провара:

зная сварочный ток, напряжение дуги и диаметр электрода можно посчитать коэффициент провара

$$\psi_{np} = \frac{K'(19 - 0,01 \cdot I_{св}) d_{\delta} \cdot U_{\delta}}{I_{св}}, \quad (14)$$

где  $K'$  – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности, определяется по формуле:

$$K' = 0,367 \cdot j_{\delta}^{0,1925} = 0,367 \cdot 80^{0,1925} = 0,915. \quad (15)$$

Следовательно, коэффициент провара равен:

$$\psi_{np} = \frac{0,915(19 - 0,01 \cdot 350) 2 \cdot 30}{350} = 0,62.$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяют ширину шва:

$$e = \psi_{np} \cdot F_{н} = 0,62 \cdot 50 = 3,1\text{мм}. \quad (16)$$

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления  $\psi_{\delta}$  находят высоту валика. Значения  $\psi_{\delta}$  выбирают в пределах 7-10.

$$g = \frac{e}{\psi_{\delta}} = \frac{3,1}{7} = 0,4\text{мм}. \quad (17)$$

Определение скорости сварки:

$$V_{св} = \frac{a_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_{н} \cdot \gamma}. \quad (18)$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле:

$$a_{н} = a_{p}(1 - \psi), \quad (19)$$

где  $\alpha_p$  – коэффициент расплавления проволоки;

$\psi$  – коэффициент потерь.

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{св}} \frac{l}{d_s^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{350} \frac{10}{2^2} = 9,26 \frac{\Gamma}{\text{А}} \cdot \text{ч}, \quad (20)$$

где  $l$  – вылет электродной проволоки, из рекомендаций равен 10 мм;

$$\begin{aligned} \psi &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 80 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j_s = \\ &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j_s - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 80 = 9,6\%. \end{aligned}$$

Коэффициент наплавки равен:

$$a_n = 9,26(1 - 0,096) = 8,4 \frac{\Gamma}{\text{А}} \cdot \text{ч}.$$

Следовательно, скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_n \cdot \gamma} = \frac{8,4 \cdot 350}{3600 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 0,3 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 10,8 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

Определение скорости подачи электродной проволоки:

$$V_{пл} = \frac{a_p \cdot I_{св}}{F_{эл} \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{9,26 \cdot 350}{0,314 \cdot 7,8 \cdot 3600} = 0,39 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{ч}}, \quad (21)$$

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электродной проволоки (3,14 мм<sup>2</sup>).

Определение погонной энергии:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}} = \frac{350 \cdot 30 \cdot 0,84}{0,3} = 3806 \frac{\text{Дж}}{\text{см}}, \quad (22)$$

где  $\eta_u$  – эффективный КПД для механизированной сварки ( $\eta_u=0,84$ ).

Определение глубины провара:

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)r, \quad (23)$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot e \cdot c_\rho \cdot T_{nl}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3806}{3,14 \cdot 0,31 \cdot 4,7 \cdot 1500}} = 1,3 \text{ см}, \quad (24)$$

$$H_{np} = (0,5 \div 0,7)1,3 = 0,65 \div 0,91 \text{ см}.$$

В ходе данных расчётов выбрали режимы для механизированной сварке в среде защитных газов, которые обеспечивают формирование геометрии шва согласно [16].

### 3.3 Ориентировочная оценка химического состава.

#### Механической характеристики шва

Влияние химических элементов, входящих в основной металл, является значительным фактором для образования сварного соединения, который необходимо учитывать при разработке технологии сварки. Так же подбором химического состава сварочных материалов по можно регулировать химический состав и механические свойства металла шва в самых широких пределах [6].

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения по формуле, [6, с.55]:

$$[R]_{ш} = [R]_{ом} \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot [R]_э \pm \Delta R, \quad (25)$$

где  $[R]_{ш}$  – содержание элемента в шве или проходе, %;

$[R]_{ом}$  – содержание элемента в основном металле, %;

$[R]_э$  – содержание элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$\pm \Delta R$  – изменение содержания элемента в процессе сварки, в результате его выгорания из сварочной ванны или перехода из флюса или электродного покрытия в сварочный шов;

$(1 - \gamma_0)$  – доля участия электродного металла в металле шва;

$\gamma_0$  – доля участия основного металла в металле шва.

#### 3.3.1 Ориентировочная оценка для МП

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n}, \quad (26)$$

где  $F_{np}$  – площадь проплавления основного металла;

$F_H$  – площадь наплавленного металла.

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot \psi_{np} \cdot H^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,62 \cdot 8^2}{4} = 48,67 \text{ мм}^2. \quad (27)$$

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{48,67}{48,67 + 50} = 0,49.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка [6].

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах 8,9 химический состав Ст3сп5 и проволоки Св-08Г2С.

Таблица 8 - Химический состав Ст3сп5 в процентах

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,4- 0,65	0,15- 0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,08

Таблица 9 - Химический состав наплавленного металла проволокой Св-08Г2С в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0,05- 0,11	0,7- 0,95	1,8- 2,1	До 0,25	До 0,025	До 0,03	До 0,2	До 0,008

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом в среде аргона по формуле 25:

$$[C]:R_{ш} = 0,18 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,07 = 0,12\%,$$

$$[Si]:R_{ш} = 0,53 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,82 = 0,53\%,$$

$$[Mn]:R_{ш} = 0,52 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 1,9 = 1,23\%,$$

$$[Ni]:R_{ш} = 0,3 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,25 = 0,27\%,$$

$$[S]:R_{ш} = 0,05 \cdot 0,49 + (1 - 0,49) \cdot 0,025 = 0,037\%,$$

$$[P]:R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,49 + (1-0,49) \cdot 0,03 = 0,021\%,$$

$$[Cr]:R_{\text{ш}} = 0,18 \cdot 0,49 + (1-0,49) \cdot 0,07 = 0,12\%,$$

$$[N]:R_{\text{ш}} = 0,008 \cdot 0,49 + (1-0,49) \cdot 0,008 = 0,008\%.$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило установить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчета ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированной стали. Поэтому для конструкционных сталей рекомендуется использовать эмпирические зависимости [6, с.58]

Предел прочности:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ши}} &= 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 7,7Ni = \\ &= 4,8 + 50 \cdot 0,44 + 25,2 \cdot 1,23 + 17,5 \cdot 0,53 + 23,9 \cdot 0,25 + 7,7 \cdot 0,27 = \\ &= 53,9 \text{ Мпа}, \end{aligned} \quad (28)$$

Относительное удлинение шва:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ш}} &= 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni) = \\ &= 50,4 - (21,8 \cdot 0,44 + 15 \cdot 1,23 + 49 \cdot 0,53 + 5,8 \cdot 0,25 + 2,4 \cdot 0,27) = \\ &= 21,6\%, \end{aligned} \quad (29)$$

Ударная вязкость шва при  $T=293K$ :

$$\begin{aligned} KCU_{\text{ш}} &= 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni) = \\ &= 23,3 - (25,7 \cdot 0,44 + 6,4 \cdot 1,23 + 8,4 \cdot 0,28 + 2,4 \cdot 0,21 + 1,6 \cdot 0,29) = \\ &= 11,5 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}. \end{aligned} \quad (30)$$

Предел текучести шва:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 \cdot \sigma_{\text{ши}} = 0,73 \cdot 41,9 = 30,6 \text{ Мпа}. \quad (31)$$

Относительное поперечное сужение:

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 \cdot \delta_{\text{ш}} = 2,32 \cdot 21,6 = 50,1\%. \quad (32)$$

Согласно рекомендациям приведенных в [6] данные эмпирической зависимости следует использовать для легирующих сталей, а СтЗсп5 является конструкционной, которая содержит только обычные примеси. Следовательно,

расчеты механических характеристик металла шва будут неверны. Поэтому можно привести типичные механические свойства наплавленного металла по [13] (таблица 10).

Таблица 10 – Типичные механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08Г2С

Материал	Проволока	Температура испытаний, °С	$\sigma_t$	$\sigma_p$	$\delta$	$\psi$	$a_n$ , кгс·м/см <sup>2</sup>
			МПа		%		
Ст3сп5	Св-08Г2С	20	490	642	45	21	13

### 3.3.2 Ориентировочная оценка для РДС

Определим долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_n},$$

$$F_{np} = 0,73 \cdot e \cdot H = 0,73 \cdot 6 \cdot 5 = 21,9 \text{ мм}^2, \quad (33)$$

где  $e$  – ширина валика (примем 6 мм).

Следовательно, доля участия основного металла равна:

$$\gamma_0 = \frac{21,9}{21,9 + 60,6} = 0,26.$$

Для того чтобы определить химический состав наплавленного металла необходимо знать химический состав электродного металла, которым будет производиться сварка.

Для того что бы определить содержание конкретного элемента в шве, представим в таблицах 11,12 химический состав Ст3сп5 и электродом УОНИ 13/45.

Таблица 11 - Химический состав СтЗсп5 в процентах

C	Mn	Si	Cr	P	S	Ni	N	Cu	As
0,14- 0,22	0,4- 0,65	0,14- 0,3	До 0,3	До 0,04	До 0,05	До 0,3	До 0,008	До 0,3	До 0,08

Таблица 12 - Химический состав наплавленного металла электродом УОНИ 13/45 в процентах

C	Si	Mn	S	P
0,08- 0,12	0,18- 0,3	0,55- 0,7	До 0,03	До 0,04

Определяем химический состав металла шва для сварки плавящимся электродом ручной дуговой сварки по формуле 25:

$$[C]:R_{ш} = 0,18 \cdot 0,26 + (1-0,26) \cdot 0,09 = 0,13\%$$

$$[Si]:R_{ш} = 0,23 \cdot 0,26 + (1-0,26) \cdot 0,25 = 0,24\%$$

$$[Mn]:R_{ш} = 0,53 \cdot 0,92 + (1-0,26) \cdot 0,53 = 0,6\%$$

$$[S]:R_{ш} = 0,05 \cdot 0,26 + (1-0,26) \cdot 0,03 = 0,035\%$$

$$[P]:R_{ш} = 0,04 \cdot 0,26 + (1-0,26) \cdot 0,04 = 0,004\%$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла шва так же, как и для механизированной сварки подсчитать по формулам [6, с.58] не возможно. Следовательно, можно привести типичные механические свойства наплавленного металла по [13] (таблица 13).

Таблица 13 - Типичные механические свойства наплавленного металла электродом УОНИ 13/45

Материал	Электрод	Температура испытаний, °С	$\sigma_T$	$\sigma_p$	$\delta$	$\psi$	$a_n$ , кгс·м/см <sup>2</sup>
			МПа		%		
СтЗсп5	УОНИ 13/45	20	450	612	48	22	15

### 3.4 Расчет расхода сварочных материалов

#### 3.4.1 Расчет расхода сварочных материалов для ручной дуговой сварки

Необходимый расход покрытых электродов при ручной дуговой сварке можно посчитать по формуле [4, с. 61].

$$G_s = G_n \cdot (1,6 \dots 1,8), \quad (34)$$

где  $G_n$  – масса наплавленного металла, определяемая по формуле:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{ш}, \quad (35)$$

где  $\gamma$  – плотность наплавленного металла;

$F_n$  – площадь наплавки равна  $0,3 \text{ мм}^2$ ;

$l_{ш}$  – длина шва или провариваемого участка равна  $4500 \text{ мм}$ .

$$G_n = 0,3 \cdot 450 \cdot 7,8 = 1053 \text{ г}.$$

Масса электродов из формулы (34) равна:

$$G_s = 1053 \cdot 1,6 = 1684 \text{ г}.$$

#### 3.4.2 Расчет количества электродной проволоки

Для механизированного способа сварки плавящимся электродом в среде защитных газов сварочной проволоки можно определить по формуле:

$$G_p = \frac{G_n}{(1-\psi)}, \quad (36)$$

$$G_n = 0,5 \cdot 450 \cdot 7,8 = 1755 \text{ г},$$

$\psi$  – коэффициент потерь, под которым понимают отношение количества металла, потерянного в виде брызг и угара, к полному количеству расплавленного электродного металла. Поскольку в ходе расчетов режимов сварки этот коэффициент был определен:  $\psi = 0,096$ , то расход сварочной проволоки равен:

$$G_p = \frac{1755}{(1-0,096)} \approx 1941\text{г.}$$

### 3.4.3 Расчет объема газа при сварке в защитных газах

Для определения общего объема газа, нужно учесть время на выполнение сварного шва. Зная скорость перемещения сварочной горелки и длину провариваемого участка, возможно определить время для выполнения сварного соединения.

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}} = \frac{450}{0,3} = 1500\text{с} \approx 25\text{мин.} \quad (37)$$

Зная время на выполнение сварного соединения, можно посчитать объем газа:

$$Q_2 = t \cdot Q_{min} = 25 \cdot 20 = 500\text{л.} \quad (38)$$

где  $Q_{min}$  – расход газа, назначенный при расчете режимов сварки, л/мин;  
При сварке больших толщин расход газа составляет 15-20 л/мин;

$t$  – время сварки, мин.

## 4 Выбор сварочного оборудования

### 4.1 Выбор источника питания для РДС

Для ручной дуговой сварки были выбраны электроды УОНИ 13/45, которые по [17] пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников питания сварочного тока для ручной дуговой сварки покрытыми электродами является крутопадающая внешняя статическая характеристика. Данная характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и обеспечивает устойчивый процесс сварки. Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

Необходимо рассмотреть несколько видов сварочных инверторов для ручной дуговой сварки зарубежных и отечественных производителей, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики сварочных инверторов для РДС

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Форсаж-180 (Россия)	EWM PICO-162 (Германия)	Kaierda ARC-160(Китай)	CHD ZX7-400 (Россия)
Диапазон регулирования выходного тока, А	15-180	10-150	20-160	20-400
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	21-27	20,4-26	20,8-26,4	21-36
Напряжение холостого хода, В	50-75	105	70	72

Продолжение таблицы 14

Выходной ток при ПН*=100%, А	140	100	110	310
Выходное напряжение при ПН*=100%, В	25	24,6	24,4	32,5
Потребляемая мощность, кВА	7,8	6	7,5	14,4
Минимальная мощность генератора, кВА	10	7,8	9,8	18,7
Питающее сетевое напряжение	1 фаза 140-250 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц	1 фаза 220 В, 50/60 Гц	3 фазы 373,5-456,5 В, 50/60 Гц
Габаритные размеры, мм	295x155x160	430x115x225	390x260x330	500x225x480
Масса, кг	4	4,8	4	30
Цена, руб	24250	39600	56700	65000

\* - продолжительность нагрузки при цикле сварки 10 минут

Из рассмотренных сварочных инверторов подходит под режимы, рассчитанные в пункте 3.2.1, только СНД ZX7-400. Поэтому при изготовлении эстакады нефтепроводов ручной дуговой сварки необходимо использовать именно этот источник питания.

#### 4.2 Выбор источника питания для МП

Для механизированной сварки используем проволоку СВ-08Г2С, которые по [14] пригодны для сварки на постоянном токе.

Характерной чертой источников сварочного тока для механизированной сварки является жесткая внешняя статическая характеристика. Такая характеристика обеспечивает стабильность тока при колебаниях длины дуги и устойчивость

процесса сварки. Она достигается при большом внутреннем сопротивлении источника по отношению к сопротивлению дуги [5].

Необходимо рассмотреть несколько видов сварочных инверторов для механизированной сварки в среде защитных газов зарубежных и отечественных производителей, сравнить их технические характеристики и выбрать наиболее подходящий из приведенных в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики сварочных инверторов для МП

Техническая характеристика	Тип источника питания			
	Rolwal MIG-185T (Китай)	Форсаж-200ПА (Россия)	СНД MIG-210 (Россия)	СНД MIG-500D (Россия)
Диапазон регулирования выходного тока, А	40-170	15-200	50-210	60-500
Диапазон регулирования выходного напряжения, В	16-22,5	21-28	16,5-24,5	17-39
Напряжение холостого хода, В	50	65-100	50	50
Выходной ток при ПН*=100%, А	125	140	162	387
Выходное напряжение при ПН*=100%, В	25	21	22	34
Потребляемая мощность, кВА	6,1	11	6,4	26

Продолжение таблицы 15

Минимальная мощность генератора, кВА	7,9	14,3	8,3	33,8
Питающее сетевое напряжение	1 фаза 220 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц	1 фаза 187-253 В, 50/60 Гц	1 фаза 138-264,5 В, 50/60 Гц
Габаритные размеры, мм	496x305x400	445x245x335	700x420x700	636x322x584
Масса, кг	16	12,5	25	50
Цена, руб	56300	59900	66400	85000

\* - продолжительность нагрузки при цикле сварки 10 минут

Из рассмотренных сварочных инверторов подходит под режимы, рассчитанные в пункте 3.2.2, только CHD MIG-500D у данного полуавтомата большой диапазон регулирования сварочного тока. Поэтому при изготовлении эстакады нефтепроводов ручной механизированной сваркой в среде защитных газов необходимо использовать именно этот источник питания.

## 5. Организация контроля качества

### 5.1 Визуально измерительный контроль

Для выявления дефектов используют различные виды контроля изделий и среди них важное место занимает визуальный и измерительный контроль.

Визуально измерительный контроль (ВИК) проводят с использованием оптических систем с формированием пучков световых лучей, отражённых от поверхности изделия. При ВИК используются: микроскопы, эндоскопы, линзы, радиусные шаблоны, измерительные щупы, угломеры и т.п.

В процессе изготовления и монтажа сварных конструкций осуществляют систематический контроль качества производства сварочных работ – предварительный контроль и контроль готовых сварных соединений.

После каждой сварочной операции сварные соединения теплообменника ТНГ-1 подвергаются визуально измерительному контролю. С использованием лупы 1-4<sup>x</sup> кратного увеличения ГОСТ 7594-75, штангенциркуля ШЦ 1-125-0,1 ГОСТ 166-73, линейки измерительной и УШС-3.

### 5.2 Ультразвуковая дефектоскопия

Эхо - импульсный метод основан на явлении отражения ультразвуковых волн от поверхности дефекта и регистрации отражённых сигналов в соответствии с рисунком 4. Этим методом контролируют оси колёсных пар (КП), поковки, штамповки, прокат, сварные швы, детали из пластмассы, а также измеряют толщину изделия и оценивают структуру материала.

Расстояние до отражателя при контроле эхо-методом может быть определено с высокой степенью точности. Поскольку заранее известны тип ультразвуковой волны и скорость  $C$  её распространения в материале контролируемой детали, то путь, пройденный ультразвуковым импульсом от излучателя до отражателя и обратно, составляет:

$$2r=Ct \quad (39)$$

где  $t$  – время «задержки» принятого отражённого импульса относительно зондирующего;

$r$  – расстояние от излучателя до отражателя.

Полное время задержки  $t$  складывается из нескольких составляющих. Таковыми составляющими, кроме времени пробега ультразвука в изделии, являются время пробега ультразвука через протектор (или призму) преобразователя, через слой контактной жидкости, а также время задержки в электронном блоке дефектоскопа. Однако практически величинами этих задержек можно пренебречь по сравнению с временем пробега ультразвукового импульса в контролируемом изделии.

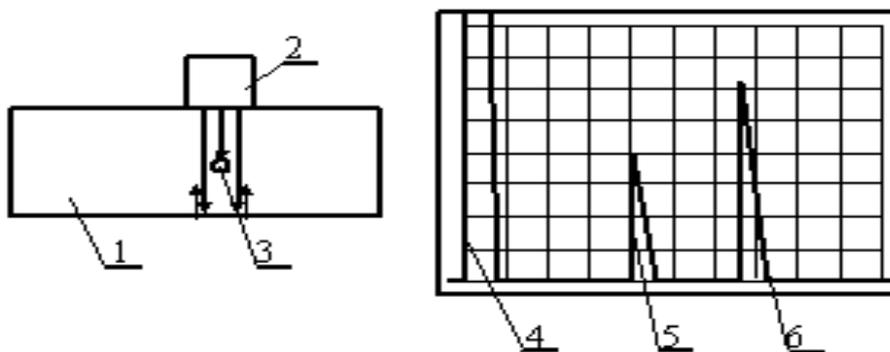


Рисунок 4 – Схема контроля эхо-импульсным методом:

1 – контролируемая деталь; 2 – ПЭП; 3 – дефект; 4 – зондирующий импульс; 5 – эхо сигнал от дефекта; 6 – донный сигнал.

Для ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений теплообменника используем дефектоскоп УД 2 – 12 ГОСТ 23049-84. Который позволяет: выявлять дефекты типа нарушения сплошности и однородности в сварных соединениях, материалах, полуфабрикатах и готовых изделиях; измерять глубину залегания и определение координат дефектов, а также отношение амплитуд сигналов от дефектов; использовать ручной контроль эхо-теневым и зеркально-теневым методами.

Для проверки сварочных швов можно использовать A1550 IntroVisor – универсальный портативный ультразвуковой дефектоскоп-томограф с

цифровой фокусировкой антенной решетки и томографической обработкой данных для контроля металлов и пластмасс, представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Портативный ультразвуковой дефектоскоп-томограф A1550 IntroVisor

A1550 IntroVisor имеет два основных режима работы, а также функцию настройки конфигурации параметров контроля под каждый конкретный объект с возможностью последующего оперативного выбора.

## 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологии, монтажа и изготовления эстакады нефтепроводов, а также оценку ресурсоэффективности и конкурентоспособности технического проекта.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного плана-графика проведения технического проекта;
- Планирование и формирование сметы технического проекта;
- Определение эффективности технического проектирования.

### 6.1 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного плана-графика проведения технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проекта;
- определение участников каждой работы;
- трудоемкость выполнения работы;
- построение графика проведения технического проекта.

#### 6.1.1 Структура работ в рамках технического проекта

Для выполнения технического проекта была сформирована рабочая группа в составе: научного руководителя и студента.

В рамках проведения технического проекта, в данном разделе был составлен перечень этапов:

1. Составление и утверждение темы проекта - определение задачи и цели технического проекта, отражающих сущность и характер работ;
2. Календарное планирование работ - устанавливает логическую последовательность, очередность и сроки выполнения отдельных этапов работы и их

контроля;

3. Анализ актуальности темы – определение востребованности темы в теории и практике для решения конкретной задачи;

4. Экономическая оценка свариваемых способов сварки - Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки;

5. Изучение влияния параметров сварки на качество шва - анализ влияния правильного выбора параметров режима сварки на качество сварного шва, определение дефектов сварных соединений, вызванных неправильным подбором параметров режима сварки;

6. Сварка образцов - проведение сварочных работ для определения параметров режимов сварки;

7. Анализ результатов - подведение итогов и обобщение результатов технического проекта, сопоставление результатов анализа научно-информационных источников и экспериментальных исследований, выпуска обобщенной отчетной технической документации по ТП, оценки эффективности полученных результатов;

8. Оформление отчета ВКР - оформление результатов проектной деятельности, окончательная проверка работы преподавателем, подготовка к защите;

9. Защита ВКР.

#### 6.1.2 Определение участников каждой работы

Перечень этапов, работ исполнителей приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент

Продолжение таблицы 16

	3	Анализ актуальности темы	Научный руководитель
Теоретические исследования	4	Экономическая оценка свариваемых способов сварки	Научный руководитель, студент
	5	Изучение влияния параметров сварки на качество шва	
Практические исследования	6	Сварка образцов	Научный руководитель, студент
Оценка полученных результатов	7	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	8	Оформление отчета ВКР	Научный руководитель, студент
	9	Защита ВКР	Студент

### 6.1.3 Трудоемкость выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников технического проекта.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула[1]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (40)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Полученные значения вносим в таблицу (таблица 17).

После заполнения таблицы 17 строим календарный план-график (таблица 18). График строится с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 17– Временные показатели проведения технического проекта

№	Название работы	Трудоемкость работ, раб. дни						Длительность работ в рабочих днях	
		$t_{\min}$		$t_{\max}$		$t_{ож\ i}$		Научный руководитель	Студент
		Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент		
1	Составление и утверждение темы проекта	1	-	1	-	1	-	1	-
2	Календарное планирование работ								
3	Анализ актуальности темы	2	2	2	10	2	4,6	2	5
4	Экономическая оценка свариваемых способов сварки	1	15	1	30	1	21	1	21
5	Изучение влияния параметров сварки на качество шва	-	5	-	10	-	7	-	7
6	Сварка образцов	1	3	1	10	1	5,8	1	6
7	Анализ результатов	1	2	1	6	1	3,6	1	4
8	Оформление отчета ВКР	1	14	1	30	1	20,4	1	20
9	Защита ВКР	-	1	-	-	-	1	-	1

Таблица 18 – Календарный план-график проведения технического проекта

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , раб. Дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	1	-											
2	Календарное планирование работ														
3	Анализ актуальности темы	Руководитель	2	-											
		Студент	5	—											
4	Экономическая оценка свариваемых способов сварки	Руководитель	1			-									
		Студент	21		—	—									
5	Изучение влияния параметров сварки на качество шва	Студент	7				—								
6	Сварка образцов	Руководитель	1					-							
		Студент	6					—							
7	Анализ результатов	Руководитель	1						-						
		Студент	4							—					
8	Оформление отчета ВКР	Руководитель	1												
		Студент	20								—	—			
9	Защита ВКР	Студент	1											-	

Общая продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 7 раб. дн., для студента - 64 раб. дн. По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине марта. По графику видно, что выполнение экономической оценки свариваемых способов сварки, самая продолжительная часть и составляет 21 рабочий дней. Такиеработы как, анализ актуальности темы, сварка образцов, анализ результатов, оформление отчета ВКР. Защита работы в середине июня.

## 6.2 Планирование и формирование сметы технического проекта

При расчете сметы ТП должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с ее выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты технического проекта;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 6.2.1 Материальные затраты технического проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \cdot \quad (41)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (в нат. ед.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Перечень стоимости материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Материальные затраты

Наименование	Единица изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Защитный газ	дм <sup>3</sup>	10	77	770
Сварочная проволока Ø1 мм, 5 кг	шт.	1	1569	1569
Листовая сталь	кг.	50	35,5	1775
Итого				4044

С учетом транспортных расходов (5%), материальные затраты составят:

$$Z_m = 1,05 \cdot 4044 = 4,2 \text{ тыс. руб.}, \quad (42)$$

#### 6.2.2 Полная заработная плата исполнителей темы

Зарботная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом. Полная заработная плата определяется по формуле :

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (43)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (44)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. Дн (таблица 18);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{D_{\text{мес}}}, \quad (45)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T$  – количество рабочих дней в месяце;

$D_{\text{мес}} = 26$  дней, при 6-дневной рабочей неделе.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = k_{\text{р}} \cdot Z_{\text{тс}}, \quad (46)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Основная заработная плата

Исполнители	Трудоемкость выполнения работы $T_{\text{исп}}$ , дн.	Оклад, руб/мес	Месячный должностной оклад, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Основная заработная плата исполнителя $Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	7	33664	43763,2	1683	11782
Студент	64	12300	15990,0	615	39360
Итого					51142

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12 - 15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [1]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (47)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,12 для студента и 0,15 для руководителя.

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Полная заработная плата

Исполнители	Коэффициент дополнительной зарплаты, $k_{\text{Доп}}$	Основная заработная плата исполнителя $Z_{\text{осн}}$ , руб.	Дополнительная заработная плата исполнителя $Z_{\text{доп}}$ , руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	11782	1718	13500
Студент	0,12	39360	4640	44000
Итого		51142	6358	57500

### 6.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{п}}, \quad (48)$$

где  $K_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с "Налоговым кодексом Российской Федерации (часть вторая)" от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 01.05.2019) установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 57,5 = 17,4 \text{ тыс. руб.} \quad \square$$

#### 6.2.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина составляет 16 % от общей суммы ТП.

#### 6.2.5 Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования сметы затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технического проекта продукции.

Определение сметы на технический проект приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Смета на разработку технического процесса

№	Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
1	Материальные затраты	4,2	2,0
2	Спец. Оборудование	98	47,0
3	Затраты на полную заработную плату исполнителей	57,5	27,0
4	Отчисления во внебюджетные фонды	17,4	8,0
5	Накладные расходы	28,6	16,0
	Итого	207,7	100,0

В данном разделе были определены основные статьи расходов на реализацию данного проекта. Таким образом, затраты на разработку ТП составили 98 тыс. руб., в том числе примерно 60 % на Спец. Оборудование.

Следует отметить, что для выполнения данной работы потребовалось

оборудование на сумму 98 тыс. руб.

Первоначальная стоимость оборудования будет складываться из цены приобретения оборудования и дополнительных затрат на его транспортировку, монтаж и наладку (15% от цены приобретения):

$$C_{\text{пер}} = C_{\text{общ}} \cdot 1,15 = 85 \cdot 1,15 = 98 \text{ тыс.руб.} \quad (49)$$

### 6.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

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

При их определении во внимание следует принимать лишь релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта.

- Затраты на сварочные материалы
- Затраты на защитный газ
- Затраты на электроэнергию
- Затраты на заработанную плату рабочих
- Отчисления на социальные цели
- Амортизация
- Результаты расчетов

Затраты на сварочные материалы рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{см}} = g_{\text{нм}} \cdot k_n \cdot \Pi_{\text{см}}, \quad (50)$$

где  $g_{\text{нм}}$  – масса наплавленного металла, кг/изд;

$k_n$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$\Pi_{\text{см}}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Затраты на сварочные материалы представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Масса наплавленного металла, кг/изд	2,7	2,3
Коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
Цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг		
УОНИ 13/45	44	-
СВ-08Г2С	-	70

Затраты на сварочные материалы для РДС:

$$C_{см} = 2,7 \cdot 44 \cdot 1,6 = 190,$$

Затраты на сварочные материалы для механизированной сварки:

$$C_{см} = 2,3 \cdot 1,08 \cdot 70 = 174.$$

Разница в затратах на сварные материалы между РДС и механизированной сваркой, составляет 16 рублей, что в процентном соотношении дает уменьшение затрат для механизированной сварки на 11%.

Затраты на защитный газ рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot C_{газ} \quad (51)$$

где  $g_{газ}$  - норма расхода газа, л/мин;

$t_0$  - основное время на сварку, мин/м;

$l$  - длина сварного шва, м/издел;

$C_{газ}$  - цена за единицу газа руб/л.

Затраты на защитный газ представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Затраты на защитный газ

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизованная сварка
Норма расхода газа, л/мин	-	12
Основное время на сварку, мин/м	-	6,4
Длина сварного шва, м/издел	-	8,6
Цена за единицу газа руб/л	-	0,1

Затраты на защитный газ для механизированной сварки:

$$C_{\text{газ}} = 12 \cdot 6,4 \cdot 8,6 \cdot 0,1 = 66.$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и механизированной сваркой, составляет 66 рублей, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{эл}} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \text{Ц}_{\text{эл}}, \quad (52)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_o$  - основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$\text{Ц}_{\text{эл}}$  – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб.

Затраты на электроэнергию представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизованная сварка
Напряжение, В	24	26
Сила тока, А	90	210

Продолжение таблицы 25

Основное время сварки, мин/м	21,9	6,4
Длина сварного шва, м/изд	8,6	8,6
Коэффициент полезного действия источника пи- тания	0,75	0,8
Стоимость 1 квт-ч элек- троэнергии, руб	2,88	2,88

Затраты на электроэнергию для РДС:

$$C_{\text{эл}} = \frac{24 \cdot 90 \cdot 21,9 \cdot 8,6}{60 \cdot 0,75 \cdot 1000} \cdot 2,88 =$$

$$= 26 \text{ руб/изд,}$$

Затраты на электроэнергию для механизированной сварки:

$$C_{\text{эл}} = \frac{26 \cdot 210 \cdot 6,4 \cdot 8,6}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 2,88 =$$

$$= 18 \text{ руб/изд.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 8 рублей, что в процентном соотношении дает для механизированной сварки уменьшения затрат на 30%.

Затраты на заработанную плату рабочих рассчитываются по следующей формуле:

$$C_z = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мп}} \cdot 60} \quad (53)$$

где  $C_{\text{мз}}$  – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

$F_{\text{мп}}$  – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{\text{шк}}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение операции,

мин\изд.

Затраты на заработанную плату рабочих представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000
Месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{mp} \approx 172$ часов/месяц	172	172
Штучно-калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	239	92

Затраты на заработанную плату рабочих для РДС :

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 239}{172 \cdot 60} = 926,$$

Затраты на заработанную плату рабочих для механизированной сварки:

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 92}{172 \cdot 60} = 357.$$

$$926 \cdot 1,13 = 1050 - \text{ для РДС,}$$

$$357 \cdot 1,13 = 403 - \text{ для ПМ.}$$

Разница затрат на Заработанную плату РДС и механизированной сваркой составляет 647 рублей, что в процентном соотношении дает для механизированной сварки уменьшения затрат на 40%.

Отчисления на социальные цели рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (54)$$

где  $k_{отч}$  – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы;

$C_3$  – Затраты на заработанную плату рабочих.

Отчисления на социальные цели представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%
Затраты на заработанную плату рабочих	810	288

Отчисления на социальные цели для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \cdot 926}{100} = 278,$$

Отчисления на социальные цели для механизированной сварки:

$$C_{отч} = \frac{30 \cdot 357}{100} = 107.$$

$$278 \cdot 1,13 = 315 \text{ - для РДС,}$$

$$107 \cdot 1,13 = 121 \text{ - для ПМ.}$$

Разница отчисления на социальные цели РДС и механизированной сваркой составляет 194 рубля, что в процентном соотношении дает для механизированной сварки уменьшения затрат на 57%.

Амортизация источника питания:

Оценка технологического оборудования 98 тыс.руб. Относится к 3-ой амортизационной группе, период эксплуатации 60 месяца (5 лет).

Для механизированной сварки:

$$\text{Норма амортизирования} = 100\% : 5 = 20\% \text{ в год;}$$

$$\text{Сумма} = 98000 \times 20\% : 100\% = 19600 \text{ руб. в год;}$$

Амортизационные отчисления каждый месяц =  $19600 / 12 = 1633$ руб.

Для РДС:

Норма амортизирования =  $100\% : 5 = 20\%$  в год;

Сумма =  $74750 \times 20\% : 100\% = 14950$  руб. в год;

Амортизационные отчисления каждый месяц =  $14950 / 12 = 1245$ руб.

Результаты расчетов представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Результаты расчетов

Наименование	Ручная дуговая покрытыми элект- родами	Механизирован- ная сварка	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Электродная проволока		174	-174
Электроды	190		+190
Углекислый газ		66	-66
2. Электроэнергия	26	18	+8
3. Основная зарплата	1050	403	+647
4. Социальные цели	315	121	+194
5. Амортизация	1245	1633	-387
Итого	2820	2412	+405

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одно изделие между РДС и механизированной сваркой, составляет 405 рублей, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 14 %.

#### 6.4 Определение эффективности технического проектирования.

Исходя из расчетных данных, сравним базовый и предлагаемый технологические процессы.

Расходы на вспомогательные материалы увеличились на 26 %, это связано с выбором более качественных материалов для предлагаемого технологического процесса. Затраты на электроэнергию снизились на 30% в связи с

уменьшением количества оборудования. Оплата труда снизилась на 40% за счет уменьшения времени на предлагаемый технологический процесс на единицу ремонтируемой детали.

По результатам расчетных данных можно сделать вывод, предлагаемый технологический процесс позволяет нам сэкономить 14%, следовательно, годовая экономия составит:

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

$$Q_G = \frac{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60}{t_{ШК_{пр}}}, \quad (55)$$

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

$$Q_G = \frac{1820 \cdot 0,8 \cdot 60}{92} = 950 \text{ ед/руб.}$$

В условиях многономенклатурного производства годовой объем производства целесообразно выразить через массу наплавленного металла. Приняв в качестве условного изделия сварную конструкцию, рассматриваемую в дипломной работе, можно получить годовой объем производства, выраженный через массу наплавленного металла:

$$M_G = Q_G \cdot \frac{F_n \cdot l \cdot \gamma}{1000}, \quad (56)$$

где  $F_n$  – площадь поперечного сечения сварного шва, мм<sup>2</sup>;

$l$  – длина сварного соединения, м;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>.

$$M_G = 950 \cdot \frac{34,5 \cdot 8,6 \cdot 7,8}{1000} = 2198 \text{ кг/год.}$$

Годовая экономическая эффективность от применения лучшего варианта можно рассчитать через массу наплавленного металла по формуле:

$$\mathcal{E}_r = M_r \cdot \frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}, \quad (57)$$

где выражение  $\frac{\overline{\Delta c} \cdot 1000}{F \cdot l \cdot \gamma}$  представляет собой удельную экономию на 1 кг наплавленного металла ( $\overline{\Delta c}_{\text{кг}}$ ).

$$\mathcal{E}_r = 2198 \cdot \frac{405 \cdot 1000}{34,5 \cdot 8,6 \cdot 7,8} = 384654 \text{ руб/год.}$$

Итак, более выгоден второй вариант, то есть механизированная сварка в среде смеси углекислого газа и кислорода. Этот вариант нам обходится дешевле на 405 руб/изд и годовая экономическая эффективность от применения лучшего варианта составляет 384654 руб/год.

Кроме этого была рассчитана смета технического проекта, которая включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Сумма по смете составила 207 тыс. руб.

Определили разницу в общих затратах на изготовление одно изделие между РДС и механизированной сваркой, составляет 405 рублей, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 14 %.

Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в смеси углекислого газа и кислорода выгодно

## 7 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это этический принцип, заключающийся в том, что для реализации общественного долга в процессе принятия решений необходим учёт не только интересов индивидов или организаций, принимающих эти решения, но и интересов, ценностей и целей широких социальных групп и общества в целом.

Объектом исследования является, разработка технологии сварки, которая снизит затраты на изготовление эстакады нефтепровода за счет оптимизации производства, расположенный в г. Томск АО” Транснефть Центральная Сибирь”. Марка стали С245 Для выполнения работ необходимо оборудованное помещение для ведения сборочных и сварочных работ, такие как: углошлифовальная машина, источники питания для сварки, балластный реостат, баллоны с защитным газом.

Задачи исследования: анализ возможных опасностей при сварочном производстве эстакады и последствий их воздействия на организм человека, анализ эффективных мероприятий по защите от выявленных опасностей.

### 7.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование трудовых отношений в соответствии с Конституцией РФ осуществляется: трудовым законодательством, состоящим из Трудового кодекса, иных федеральных законов и законов субъектов РФ, содержащих нормы трудового права; иными нормативными правовыми актами (указы Президента РФ; постановления Правительства РФ и нормативно правовые акты федеральных органов исполнительной власти), а также коллективными договорами, соглашениями и локальными нормативными актами.

### 7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Производство сварочно-монтажных работ должно осуществляться с оформлением наряда-допуска на огневые работы. При производстве работ должен быть организован контроль воздушной среды на загазованность.

Применяемые при проведении работ сварочное оборудование, переносной электроинструмент, освещение, средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям правил устройства электроустановок, правил эксплуатации электроустановок потребителей.

К проведению сварочных работ и работ с переносным электроинструментом допускаются лица, прошедшие предварительное обучение, проверку знаний инструкций по охране труда.

Перед началом электросварочных работ необходимо проверить исправность изоляции сварочных кабелей и электрододержателей, а также плотность соединений всех контактов.

Кабели, подключенные к сварочным аппаратам, распределительным щитам и другому оборудованию, а также в местах сварочных работ, должны быть надежно изолированы от действия высокой температуры, химических воздействий и механических повреждений.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения (УЗО).

На корпусе электросварочного аппарата должен быть указан инвентарный номер, дата следующего измерения сопротивления изоляции и принадлежность подразделению.

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью свыше 10м/сек.

Запрещается проведение сварочно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в грозу.

При оставлении места работы сварщик должен отключить сварочный аппарат.

При транспортировании газовых баллонов на них должны быть накручены колпаки, кроме того, на баллонах с горючими газами на боковом штуцере должны быть установлены заглушки.

Совместная транспортировка кислородных баллонов и баллонов с горючими газами не допускается. В исключительных случаях допускается одновременная транспортировка не более 10 баллонов с кислородом и горючими газами (суммарно).

Баллоны должны подвергаться техническому освидетельствованию. На горловине баллона должна быть выбита дата следующего освидетельствования. Использование баллонов с истекшим сроком освидетельствования не допускается.

Расстояние от баллонов до источников открытого огня должно составлять не менее 5м. Баллоны должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

Редукторы, используемые для снижения давления, должны быть окрашены в тот же цвет, что и баллон. Пользоваться редукторами, имеющими неисправные или с истекшим сроком поверки манометры, – запрещается.

Замерзшие редукторы допускается отогревать только горячей водой.

Запрещается подогревать баллоны для повышения давления.

Периметровое ограждение должно быть реализовано с использованием ограждений или чувствительного защитного оборудования в соответствии с п 5.10 [3].

## 7.2 Производственная безопасность

В данном пункте проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать на строительной площадке при проведении сварочно-

монтажных работ или эксплуатации проектируемой эстакады приведены в таблице 29.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 29 – Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- товле- ние	Экс- плуа- тация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88.
2. Превышение уровня шума и вибрации		+	+	
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и Сан-ПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Нормы освещенности по СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1) для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК.
5. Повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки		+	+	Знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками).
6. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение		+	+	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.
8. Повышенная темпера-		+	+	СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические

тура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл;				требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту
9. Физические и нервно-психические перегрузки	+	+	+	
10. Падающие предметы (элементы оборудования) и инструмент	+	+	+	

11. Движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент	+	+	+	<p>СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"</p> <p>ПРИКАЗ от 12 апреля 2011 года N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (с изменениями на 6 февраля 2018 года)</p> <p>Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями)</p> <p>Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 года № 390 «О противопожарном режиме» (с из-</p>
12. Пожароопасность	+	+	+	

				менениями на 7 марта 2019 года) Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123 – ФЗ от 22.07.2008г.
--	--	--	--	--

### 7.2.1.1 Микроклимат

На рабочих местах большое значение отводится созданию допустимых комфортных условий труда, которое обеспечиваются параметрами микроклимата и степенью запыленности воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата – такое сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека.

По ГОСТ 12.1.005-88 установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ  $q_{\text{пдк}}$  (мг/м<sup>3</sup>) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса. Сварочные работы относятся к 1 классу опасности. Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером  $10^{-3}$ ...1мкм, около 1% – 1...5мкм, частицы размером более 5мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. В состав сварочного аэрозоля входят соединения хрома, марганца, фториды и др. Пыль, образующаяся при сварке, а также шлифовании, может быть причиной профзаболеваний.

Наиболее частыми профессиональными заболеваниями сварщиков являются:

- пылевой бронхит;
- пневмокониоз;
- бронхиальная астма;
- профессиональная экзема;

- нейротоксикоз (интоксикация марганцем).

При сварке в углекислом газе на 1 кг электродной проволоки выделяется 0,2 – 1,8г оксидов марганца, 0,5 – 2,0г оксидов хрома, 8,0 – 12,0г оксидов железа, 2,7 – 3,0г оксидов углерода, 0,06 – 0,1г оксидов азота.

Концентрация вредных веществ в рабочей зоне, при данном виде сварки, представлена в таблице 30.

Таблица 30 – Концентрация вредных веществ в рабочей зоне

Вредные вещества	Концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>
Марганец	0,1-0,22	0,2
Озон	0,05-0,1	0,1
Оксид железа	3,-6,5	6,0
Оксид углерода	4,5-7,0	20
Оксид азота	1,5-3,0	5,0

При производстве сварочных работ высокая температура дуги (6000-8000С<sup>o</sup>) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу, конденсируются и превращаются в аэрозоль, частицы которой по дисперсии приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков.

Признаками отравления обычно являются: головокружение, головные боли, тошнота, рвота, слабость, учащенное дыхание и др. Отравляющие вещества могут также откладываться в тканях организма человека и вызывать хронические заболевания.

Мероприятиями по борьбе с загрязнениями воздуха служат внедрение новых марок покрытий электродов и порошков с наименьшими токсичными свойствами; приточно-вытяжная вентиляция; устройство передвижных отсосов; приток свежего воздуха от воздухопроводов через электрододержатель или шлем; пользование респиратором с химическим фильтром, а иногда и противогазом.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. Относительная высокая скорость воздуха (более 0,3-0,5) может мешать технологическому процессу при сварке в среде защитных газов. В сварочном цехе значения микроклимата не должны превышать допустимых значений, приведенных в таблице 31.

Таблица 31 – Оптимальные нормы микроклимата в сварочном цеху

Сезон года	Температура, °С	Относ. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Температура воздуха вне постоянных рабочих мест, °С	Тепловое облучение, Вт/м <sup>2</sup>
Холодный и переходный периоды	18-20	60-40	0,2	13-24	800-1000
Теплый период	21-23	60-40	0,3	24-28	1000-1500

При выполнении указанных мероприятий, условия труда на строительной площадке по микроклимату и воздействию среды соответствуют допустимым нормам.

#### 7.2.1.2 Шум и вибрация

Производственный шум, это сочетание различных по частоте и силе звуков. Вибрация — механические колебания материальных точек или тел.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток, шабер, машинка ручная шлифовальная и др.

Потенциальные последствия шумового воздействия на организм [3]:

- потеря слуха;
- потеря равновесия;
- потеря понимания ситуации, дезориентация;

- любые другие последствия (например, механические) воздействия на условия окружающей среды или отвлечение внимания.

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование.

Последствия вредного воздействия вибрации на организм человека [3]:

- утомление;
- неврологическое поражение;
- сосудистые нарушения;
- соударения.

Нормирование вибрации проводят по двум направлениям: санитарно-гигиеническому и техническое (защита оборудования) по ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность.

Предельно допустимые нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_o, Y_o, Z_o$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и	2,0	126	2,0	112

их уровни				
* Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12дБ (в 4 раза), по интегральной оценке, или в какой-либо октавной полосе, не допускается.				

Методы снижения вибрации: снижение вибрации в источнике ее возникновения, конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование - подбор определенных видов материалов, виброизоляция). Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаметы. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции.

При механизации сварочного производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда на строительной площадке соответствуют допустимым нормам.

### 7.2.1.3 Освещение

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

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

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

Уровень освещенности должен быть не менее 500Лк (см. ИСО 8995-1).

Освещение рабочей зоны на строительной площадке соответствует установленным требованиям. Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию

нию цветовой отделке интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

#### 7.2.1.4 Повышенная яркость света.

##### Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение

В процессе электросварки сварочной дугой излучается свет различных диапазонов.

Спектр излучения сварочной дуги включает в себя диапазон инфракрасных волн (3430–750нм), видимый диапазон (750–400нм) и ультрафиолетовый диапазон (400–180нм).

Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

Ультрафиолетовое излучение не воспринимается глазом человека и поэтому опасно вдвойне. Ультрафиолетовое излучение, прежде всего, действует на глаза, вызывая повреждение роговицы, хрусталика и сетчатки, что приводит к необратимым последствиям и потере зрения.

Слепящая яркость видимого света при высокой интенсивности облучения также вредно воздействует на глаза. Особенно опасна синяя часть спектра излучения дуги или газового факела, которая в сочетании с воздействием инфракрасного излучения вызывает фотохимические повреждения сетчатки глаза.

Инфракрасное излучение также, как и ультрафиолетовое, не воспринимается глазом человека. Инфракрасное излучение, особенно длинноволновое поглощается тканями организма человека, вызывая их нагрев, который может привести к ожогам. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения с интенсивностью, превышающей допустимый уровень, может привести к нарушениям терморегуляции, тепловому удару.

Допустимая плотность потока энергии электромагнитного излучения оптического диапазона (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного) на рабо-

чих местах должна соответствовать требованиям, установленным соответствующими нормативными правовыми актами представлено в таблице 33.

Таблица 33 – Допустимые уровни оптической облученности при сварочной операции

Область спектра	Область излучения	Длина волны, мкм	Допустимая плотность потока излучения, Вт/м <sup>2</sup>
Ультрафиолетовая	С	200-280	0,001
Ультрафиолетовая	В	280-315	0,01
Ультрафиолетовая	А	315-400	10,0
Видимая		400-760	В соответствии со СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Инфракрасная		760-1000	

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецдежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

#### 7.2.1.5 Электроопасность

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000В (1кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000В (1кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование: источник питания CHD MIG-500D, напряжения 220/380В, а также УШМ, работающая от напряжения 220В., следовательно, оборудование относится к 1 категории опасности.

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;

- возможность прикосновения к незаземленным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;

- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;

- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

Меры защиты от электротравм:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;

- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности.

Применение указанных защитных мер обеспечивает электробезопасность при монтаже и сварочном производстве эстакады.

7.2.1.6 Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий. Наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл

Причины опасного воздействия:

- горячие поверхности, связанные с рабочим органом, оборудованием или обрабатываемой деталью;
- взрывоопасная атмосфера, вызванная технологическим процессом. например, окраска (распыленные частицы, порошковая окраска), огнеопасные растворители, пыль при шлифовке и фрезеровании;
- огнеопасные материальные объекты (внутри пылеулавливающих систем, промывочных ванн, установок герметизации)

Последствия воздействия:

- ожоги (от горячего или холодного);
- лучевое поражение.

Для предотвращения получения ожогов при сварочных работах используются индивидуальные средства защиты.

При электросварочных работах основным таким приспособлением является защитная маска, смотровое отверстие которой оснащено светофильтром, задерживающим инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижающим яркость светового потока дуги. Выбор светового фильтра производят в зависимости от мощности дуги и способа сваривания. Для защиты от ожогов кожного покрова применяют брезентовую спецодежду и рукавицы. Запрещается выполнять сварочные работы с закатанными рукавами и расстегнутым воротом.

Спецодежда и обувь сварщика должны обеспечивать оптимальный теплообмен организма при работе с физическими нагрузками, эффективно защищать от брызг расплавленного металла и опасных метеофакторов, иметь оптимальные весовые характеристики, не стеснять свободу движений, отвечать эстетическим требованиям.

Для защиты ног следует применять кожаную (летом) или войлочную (зимой) обувь, защищающую от теплового излучения, холода, искр, брызг расплавленного металла.

Руки защищают рукавицами от теплового излучения, контакта с нагретыми выше 45°С поверхностями, от низких температур и сварочных брызг.

Для защиты окружающих от светового потока и искр расплавленного металла используют перегородки, переносные ширмы и т.д.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

#### 7.2.1.7 Вредные психофизиологические факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

Наибольшие физические нагрузки ощущаются при выполнении сварочных работ полусидя и стоя при сварке в потолочном положении или лежа на спине в труднодоступных местах.

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: доставка на рабочее место заготовок, сварочных материалов, подъем и переноска приспособлений, поворот свариваемых узлов. Такие нагрузки приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов.

Нервно-психические нагрузки приводят к перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков. Эти нагрузки зависят от напряжения зрения, вызванного непрерывными наблюдениями за недостаточно контрастными элементами зоны сварки небольших размеров (сварочная ванна, зазор в стыке, глубина кратера, шов, затвердевает и т.д.), ответственностью за высокое качество сварных соединений и сложностью работы. Перенапряжение зрительных анализаторов может привести к усталости и как следствие - к нарушению сократительной функции мышц глаз. Нервно-эмоциональное напряжение может нарушить функциональное состояние сердечно-сосудистой и центральной нервной систем (повышение артериального давления, изменение латентного (скрытого) периода двигательной реакции).

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Технологические меры - создание наиболее благоприятных технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация, улучшение технических характеристик аппаратуры, инструментов и т.д.)

Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает также производственная гимнастика.

Рационализация санитарно-гигиенических условий.

Повышение квалификации (тренированности) работников. Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже.

#### 7.2.1.8 Комбинации опасных факторов

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Например, чрезмерная влажность в производственном помещении и наличие токопроводящей стружки (вредные факторы) повышают опасность поражения человека электрическим током (опасный фактор).

Причины комбинированного воздействия опасных факторов на человека:

- опасности, вызванные многочисленными отказными ситуациями;
- неправильное понимание реальной проблемы или сложной проблемы и выполнение неправильных или ненужных действий;
- выполняемое действие повышает серьезность вреда;

- непреднамеренное открывание удерживающих устройств, вызывающее перемещение объектов под действием остаточных сил (инерции, тяжести, пружин, накопленной энергии);

- неисправность устройства обеспечения безопасности, не позволяющая ему работать надлежащим образом.

Устройства, обеспечивающие безопасность работы человека:

- стационарные или чувствительные ограждения вокруг рабочего пространства.

Производство эстакады должно быть спроектировано так, чтобы снизить воздействие потенциальных опасностей на персонал.

#### 7.2.1.9 Специальная оценка условий труда (СОУТ)

Сама спецоценка условий труда заключается в выявлении и измерении вредных и опасных производственных факторов. По ее итогам каждому проверенному рабочему месту присваивается один из четырех классов опасности. Выбор класса зависит от наличия и интенсивности влияния на работника указанных отрицательных факторов.

Работникам, чьи рабочие места признаны вредными или опасными (3-4 класс) полагаются различные гарантии и компенсации в соответствии с ТК РФ и другими нормативными актами:

- сокращенное рабочее время (ст. 92 ТК РФ);
- повышенные тарифные ставки (ст. 146, 147 ТК РФ);
- дополнительные отпуска (ст. 117 ТК РФ);
- досрочный выход на пенсию (ст. 27 закона от 17.12.2001 № 173-ФЗ «О трудовых пенсиях в РФ»);
- ограничения для работы на таких местах женщин и несовершеннолетних (ст. 253, 265 ТК РФ);
- регулярные медосмотры (ст. 213 ТК РФ);
- предоставление средств индивидуальной защиты;

- выдача молока и лечебно-профилактического питания (ст. 222 ТК РФ).

Своевременное проведение СОУТ способствует выявлению и сокращению рисков путем разработки и внедрения мероприятий по охране труда и улучшению его условий.

### 7.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

Источники загрязнения окружающей среды:

- металлические отходы;
- вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов).

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха.

Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества. Через неплотности в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит истечение находящихся под давлением газов.

Благодаря переработке отходов и использованию устройств для очистки выбросов, загрязнение окружающей среды при строительстве эстакады минимизировано.

### 7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

- пожары, взрывы.

В ходе работы есть вероятность выхода из строя оборудования, что может привести к пожару и даже взрыву. Должны быть проведены и хорошо отработаны следующие превентивные меры при возникновении такой ЧС как пожар:

- прогнозирование пожара;
- порядок информирования вышестоящих организаций при возникновении пожара;
- разработка мероприятий по ликвидации пожара;
- правила поведения персонала при пожаре;
- ликвидация последствий пожара и защита персонала.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. В сварочном цехе используем следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

На строительной площадке при строительстве эстакады на участке сварки должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители расположены на видных местах вблизи производства сварочных работ. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология, монтаж и изготовление сборки и сварки эстакады нефтепровода с помощью ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах.

Для решения актуальной задачи необходимо было сравнить ручную дуговую и механизированную сварку с точки зрения оптимизации производственного процесса.

Из проделанного анализа более оптимальным способом является механизированная сварка в среде защитных газов, так как издержки на сварочные материалы и оборудования будут значительно ниже, чем при Ручной дуговой сварке, также скорость при механизированной сварке выше чем ручная дуговая.

Экономическая эффективность оборудование на 14 % выгоднее, чем используемый вариант сварки. Внедрение разработанной технологии позволит минимизировать экономические затраты, а также позволит ускорить процесс монтажа эстакады нефтепровода

#### Список использованных источников

1. Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка. - М: Высшая школа, 1988. – 208 с.
2. Стеклов О. И. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитных газах (РДС/МП). – Москва: Из-во СОУЭЛО, 2008. – 72 с.
5. Браткова О. Н. Источники питания сварочной дуги. - М: Высшая школа, 1985. – 168 с.
3. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4- х т./ Под. ред. А.И. Акулова и др. - М: Машиностроение, 1978.
4. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография/ Под ред. А.Г. Потапьевский и др. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 208 с.
6. Трущенко Е. А. Технические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.
7. Дедюх Р. И. Расчёт режимов дуговой сварки. – Томск: Изд-во ТПУ, 1983. – 18 с.
8. Азаров Н. А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. - 96 с.
9. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 96 с.
10. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М: Стандартинформ, 2012. – 24с.
11. ГОСТ 27772-80 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – М: Стандартинформ, 2005. – 16с.
12. РД 34.15.132 – 96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
13. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М: Стандартинформ, 2001. – 16с.

14. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартинформ, 2010. – 21 с.

15. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М: Стандартинформ, 2011. – 20 с.

16. ГОСТ 9466-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия. – М: Стандартинформ 2007. – 17 с.

# Приложение А

# Приложение Б