

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования
Специальность Оборудование и технологии сварочного производства
Кафедра Машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м ³

УДК 621.791+621.642.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст.преподаватель	Филишов Н. Я.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки (специальность) 15.03.0 Машиностроение
Кафедра ОТСП

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ОТСП

(Подпись) _____
(Дата) Киселев А.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич

Тема работы:

Разработка технологии сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000м ³	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2017 № 2789/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	<p>Разнотолщинное соединение стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000м³; Обеспечение полного проплавления шва ручной дуговой сваркой покрытыми электродами при разделке кромок с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа и с двумя скосами одной кромки верхнего листа.</p>
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка технологии сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000м³ 2. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение; 3. Социальная ответственность; 4. Заключение
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1-3</p>	<p>Филишов Николай Яковлевич</p>
<p>4</p>	<p>Баннова Кристина Алексеевна</p>
<p>5</p>	<p>Сопруненко Элина Евгеньевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Филишов Николай Яковлевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич		

Содержание

Реферат	6
Введение.....	7
1 Технология сварки резервуарных конструкций.....	9
1.1 Общие требования.....	9
1.2 Ручная дуговая сварка	9
1.3 Механизированная сварка в среде защитных газов	11
2 Подбор материалов и оборудования	14
2.1 Описание конструкции	14
2.2 Химический состав и механические свойства металла конструкции ...	15
2.2 Оценка свариваемости	16
2.3 Выбор сварочных материалов	17
2.4 Выбор источников питания для сварки	19
3 Расчет режимов сварки и определение характеристик сварного соединения	21
3.1 Расчет режимов сварки покрытыми электродами	21
3.2 Расчет химического состава шва	27
3.3 Определение механических характеристик сварного шва	30
3.4 Расход электродов для ручной дуговой сварки	33
3.5 Особенности технологии и техники сварки и сборки конструкции.....	34
3.6 Сварочные напряжения и деформации, методы борьбы с ними.....	36
3.7 Сравнительный анализ разделки кромок С12 и С15	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	41
4.1 Предпроектный анализ	41
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	41
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	42
4.1.3 FAST – анализ.....	43
4.1.4 SWOT-анализ.....	47
4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	50
4.2 Инициация проекта	52
4.3 Планирование управления проектом	55

4.3.1 План проекта.....	55
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика	56
4.3.3 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты.....	60
4.3.4 Расчет фонда заработной платы	60
4.4 Определение финансовой и бюджетной эффективности исследования	64
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта.....	64
4.5 Результаты технико-экономического анализа	66
5 Социальная ответственность	68
5.1 Анализ выявленных потенциально опасных и вредных производственных факторов.....	68
5.1.1 Микроклимат производственных помещений	69
5.1.2 Вредные газы и аэрозоли, образуемые или используемые при проведении сварочных работ	70
5.1.3 Шум	74
5.1.4 Вибрация	74
5.1.5 Недостаточная освещенность	74
5.1.6 Ультрафиолетовое воздействие электрической дуги.....	76
5.1.7 Ожоги каплями жидкого металла или шлака.....	76
5.1.8 Механические опасности	76
5.1.9 Термические опасности	77
5.1.10 Пожаробезопасность.....	78
5.1.11Электробезопасность и расчет заземления.....	79
5.2 Защита окружающей среды	81
5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях	82
Заключение	84
Список использованных источников	85
Приложение А (Обязательное)	88

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц, 11 рисунков, 40 таблиц, 27 источников и 1 приложение.

Ключевые слова: резервуары вертикальные стальные, РВС 20000 м³, разнотолщинное соединение, криволинейный скос кромки одной кромки верхнего листа, два скоса одной кромки верхнего листа, ручная дуговая сварка, покрытые электроды, сталь 10Г2СБ, режим сварки, химический состав и механические характеристики сварного шва, технология и техника сварки.

Объектом исследования является соединение стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³.

Целью данной работы разработка технологии сборки и сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³.

В результате исследования выбран материал сварной конструкции и подобрано сварочное оборудование; проведен расчет режимов сварки; оценен расход сварочных материалов при выполнении сварного шва с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа и с двумя скосами одной кромки верхнего листа; составлена операционная технологическая карта сборки и сварки горизонтальных стыков стенки резервуара объемом 20000 м³.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 с применением пакета Microsoft Excel 2010.

Введение

При добыче нефти, ее транспортировке, переработке, а также для хранения сырой нефти и нефтепродуктов необходимы хранилища большой емкости, способные работать в различных климатических условиях. Для этой цели уже на протяжении многих десятков лет успешно применяются вертикальные стальные резервуары.

Резервуары представляют собой вертикальные цилиндры с плоским или коническим днищем. Для обслуживания оборудования, расположенного на покрытии и в стенке, резервуары оборудуются площадками с ограждением и наружной лестницей.

Основные типы и размеры резервуаров применяемых в России:

- резервуары стальные вертикальные (РВС) без понтона, емкостью 5000, 10000, 20000, 30000 куб.м. Высота до крыши – до 18 метров

- резервуары вертикальные стальные с понтоном (РВСП), емкостью 10000, 20000 куб.м. Высота до понтона – от 1.6 до 2 метров, высота до крыши – от 12 до 18 метров.

- резервуары вертикальные стальные с плавающей крышей (РВСПК), емкостью 20000, 50000, 100000 куб.м. Высота до ПК в нижнем положении – 2.2 метра, в верхнем – до 18 метров.

Производство резервуаров РВС осуществляется в заводских условиях с последующим монтажом их на площадке заказчика. Для резервуаров объемом более 3000 м³ возможна как рулонная, так и сегментная (полистовая) поставка.

При производстве резервуаров сварка занимает основное место в технологическом процессе. Повышения качества и производительности при изготовлении сварных конструкций можно достичь в результате повышения уровня механизации и автоматизации сварочных работ. Применяемая в настоящее время технология сборки и сварки резервуаров имеет крайне низкий уровень автоматизации сборочно-сварочных операций (так как зачастую это невозможно в полевых условиях), а также высокую степень

использования ручного труда, что в конечном итоге сказывается на производительности, дополнительных затратах, качестве собранной конструкции и особо тяжелыми условиями труда работников предприятия.

В современных экономических условиях для успешной конкурентной борьбы любому предприятию необходимо снижать затраты на производство продукции и обеспечивать ее высокое качество, соответствующее требованиям заказчика. В рамках ВКР необходимо выбрать оптимальные параметры сварки, обеспечивающие высокую производительность и снижение себестоимости изготовления резервуара. Выбор оптимальной разделки кромок позволит сократить не только расход сварочных материалов, но и снизить временные и энергетические затраты на выполнение сварного шва. Для исследования в работе рассмотрен стыковой шов между первым и вторым поясами резервуара, как наиболее ответственный, трудоемкий и проблематичный по причине разности толщин свариваемых изделий.

Целью проекта является разработка технологии сборки и сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³.

Для реализации проекта необходимо решить следующие задачи:

- выбрать материал сварной конструкции;
- проанализировать сварочные материалы;
- провести расчет режимов сварки;
- оценить расход сварочных материалов при выполнении сварного шва с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа (С12) и с двумя скосами одной кромки верхнего листа (С15);
- подобрать сварочное оборудование;
- разработать технологию сварки горизонтального шва между I и II поясами резервуара.

1 Технология сварки резервуарных конструкций

1.1 Общие требования

Монтаж и ремонт горизонтальных швов стальных вертикальных резервуаров (РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов ООО «Асиновский Водоканал» при полистовой сборке проводится в соответствии с [1]. Основными способами сварки являются:

- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (МП);
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (МПС);
- механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитного газа (МПП);
- ручная дуговая сварка (РД).

При сборке и сварке каждого конструктивного элемента резервуара должны быть выполнены мероприятия, направленные на снижение сварочных деформаций и получения требуемой геометрической формы.

Технология сварки должна быть аттестована, а на каждый тип сварного соединения разработана технологическая карта на сварку.

1.2 Ручная дуговая сварка

«В настоящее время ручная дуговая сварка покрытыми электродами является одним из самых распространенных методов применяемых при изготовлении сварных конструкций. Широкое применение ручной дуговой сварки покрытыми электродами объясняется простотой и мобильностью применяемого сварочного оборудования, возможностью выполнения сварочных работ во всех пространственных положениях, а так же в местах, не доступных для механизированных видов сварки» [2].

«Схема процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами показана на рисунке 1. Дуга горит между стержнем 9 и основным металлом 1. Под действием теплоты дуги электрод и основной металл расплавляются,

образуя сварочную ванну 2. Капли жидкого металла с электродного стержня переносятся в ванну через дуговой промежуток» [2].

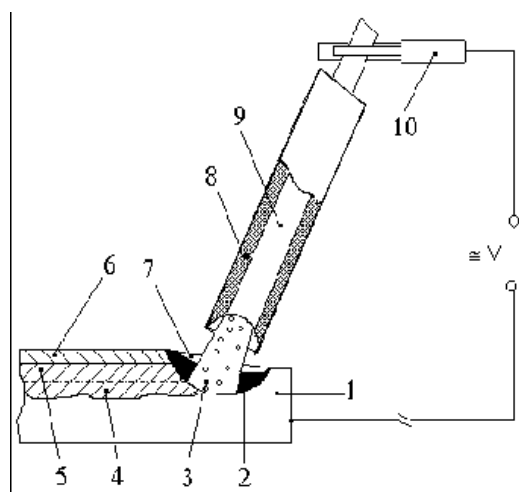


Рисунок 1 – Схема процесса ручной дуговой сварки

«Вместе с металлическим стержнем плавится и электродное покрытие 8, образуя газовую защиту и жидкую шлаковую пленку 7 на поверхности расплавленного металла. В связи с тем, что большая часть теплоты выделяется на торце металлического стержня электрода, на его конце образуется коническая втулочка из покрытия, способствующая направленному движению газового потока. Это улучшает защиту сварочной ванны. По мере движения дуги сварочная ванна охлаждается и затвердевает, образуя сварной шов. Жидкий шлак также затвердевает и образует на поверхности шва твердую шлаковую корку 6, удаляемую после сварки» [2].

Достоинства ручной дуговой сварки:

1. Простота и доступность метода;
2. Возможность ведения сварочных работ в местах недоступных для механизированных видов сварки, во всех существующих пространственных положениях;
3. Возможность ведения сварочных работ в монтажных условиях;
4. Широкий спектр свариваемых материалов;
5. Широкий спектр свариваемых толщин (от двух мм и выше).

Недостатки:

1. Низкая производительность;
2. Высокий процент расхода материалов на огарки и разбрызгивание;
3. Наиболее тяжелый способ сварки по технике исполнения;
4. Влияние множества факторов качество сварки.
5. Тяжелые условия труда сварщика.
6. Резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.

1.3 Механизированная сварка в среде защитных газов

Свойства дуги сильно зависят от физических и химических свойств применяемых защитных газов, основного и электродного металлов, режимов сварки и других условий сварки. Это обуславливает многообразие способов сварки в среде защитных газов. Классификация видов сварки в среде защитных газов плавящимися электродами по основным признакам.

Полуавтоматическая сварка плавящимися электродами осуществляется в инертных газах Ar и He (MIG), а так же их смесях Ar + He, в активном газе CO₂ (MAG), и в смеси инертного и активного газов Ar + O₂, Ar + CO₂, Ar + CO + O₂. В качестве электродов применяются сплошные проволоки из нелегированных, низколегированных и легированных сталей и цветных металлов (Ni, Си, Mg, Al, Ti, Mo), а также несплошные порошковые и активированные проволоки. В основном, сварка плавящимися электродами осуществляется на постоянном токе, также применяется сварка импульсным током. Находят применение и другие способы сварки: на нормальном и увеличенном вылете, со свободным и принудительным формированием шва, без колебаний и с колебаниями электродной проволоки, в атмосфере и под водой, в стандартную и нестандартную узкую щелевую разделку кромок.

Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей, а также сплавов на железоникелевой и никелевой основах, выполняемых дуговой сваркой в защитном газе указаны в [3].

В зависимости от уровня механизации и автоматизации процесса различают сварку:

- механизированную, при которой перемещения горелки выполняются вручную, а подача проволоки механизирована;
- автоматизированную, при которой все перемещения горелки и подача проволоки механизированы, а управление процессом сварки выполняется оператором-сварщиком;
- автоматическую (роботизированную), при которой управление процессом сварки выполняется без непосредственного участия оператора-сварщика.

Сварка в среде защитных газов (рисунок 2) широко применяется в промышленности. Данный способ позволяет сваривать вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях различные металлы и их сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

Сущность способа: «при сварке в зону дуги через сопло непрерывно подается защитный газ. Теплотой дуги расплавляется основной металл, если сварку ведут плавящимся электродом, расплавляется и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует шов» [4].

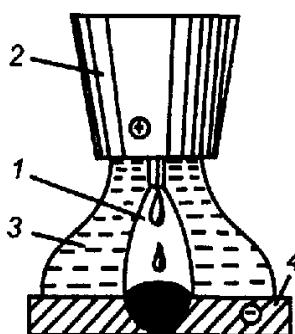


Рисунок 2 – Схема механизированной сварки в защитных газах
1 – зона дуги; 2 – сопло; 3 – защитный газ; 4 – основной металл.

«Образование шва происходит за счет расплавления кромок основного металла и дополнительно вводимого присадочного металла. В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные (углекислый газ, водород, кислород, и азот) газы, а также их смеси.

По сравнению с другими способами сварка в защитных газах обладает рядом преимуществ:

- высокая производительность;
- высокая проплавливающая способность;
- значительный спектр свариваемых материалов;
- сварка во всех пространственных положениях;
- отсутствие на поверхности ванны шлака;
- легкая техника сварки.

К недостаткам способа относятся:

- более сложное сварочное оборудование;
- невозможность использования данного метода в условиях монтажа из-за сквозняка, ветра, дождя;
- при определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла» [4].

2 Подбор материалов и оборудования

2.1 Описание конструкции

Вертикальные стальные цилиндрические резервуары РВС-20000 м³ предназначены для приема, хранения, выдачи нефтепродуктов и воды, а также других жидкостей, в различных климатических условиях.

Конструкция резервуара РВС 20000 м³ состоит из стенки цилиндрической; кровли стационарной; конического днища; лестницы, площадок, ограждений, люков и патрубков; технологического оборудования [5]. Общий вид РВС-20000 м³ приведен на рисунке 3. Габаритные размеры вертикальных резервуаров РВС-20000 м³:

- внутренний диаметр стенки резервуара 39900 мм
- высота стенки резервуара 17880 мм
- расчетная высота налива продукта 17100 мм
- количество горизонтальных листов стенки резервуара 12 шт
- толщина верхнего пояса 10 мм
- толщина нижнего пояса 16 мм
- масса 225 136 кг

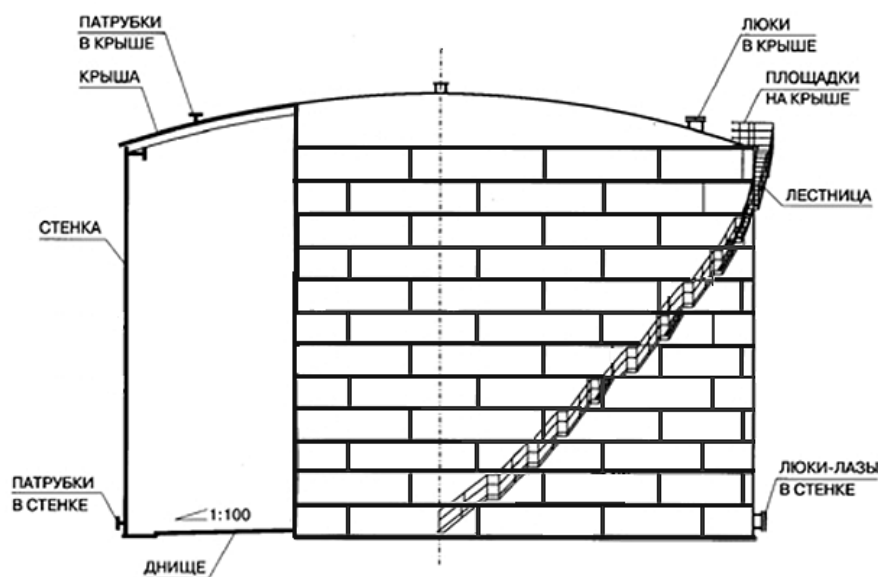


Рисунок 3 – Общий вид РВС-20000 м³

Согласно условиям технического задания необходимо рассмотреть сварку разнотолщинных листов. Листы верхних поясов должны

располагаться в пределах толщины листов нижних поясов. Взаимное расположение листов соседних поясов регламентируется проектом. Переход между верхним и нижним поясом начинается между шестым и седьмым горизонтальными листами.

Горизонтальные соединения листов выполняются двусторонними стыковыми швами с 100% проплавлением (рисунок 4).

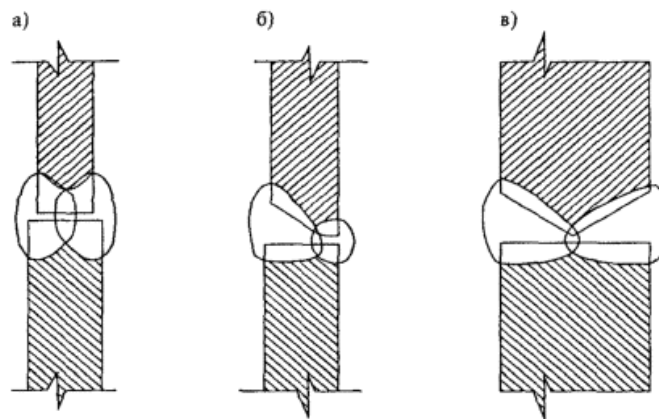


Рисунок 4 - Горизонтальные стыковые соединения стенки: а) без разделки кромок (С7); б) с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа (С12); в) с двумя скосами одной кромки верхнего листа (С15)

Для того чтобы добиться высокого качества сварного соединения и при этом обеспечить провар металла по всей его толщине, кромки металлических листов необходимо специальным образом подготовить, то есть, выполнить скос кромок. Эта операция является обязательной, если речь идет о металлических заготовках, толщина которых превышает 5 мм при ведении односторонней сварки и 8 мм при ведении двухсторонней сварки. При этом угол скоса кромки может быть различным - здесь все зависит от того, какой угол требуется для свободного доступа к вершине сварного шва и для ее полной проварки [6].

2.2 Химический состав и механические свойства металла конструкции

Согласно [7] допускается использование стали 10Г2СБ для изготовления основных элементов резервуара.

10Г2СБ – сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, поставляемая по ТУ 14-1-5270-94 [8]. Механические свойства и химический состав стали 10Г2СБ [9] представлены в таблице 1 и таблице 2 .

Общие технологические свойства:

- Свариваемость — без ограничений
- Склонность к отпускной способности — не склонна
- Флокеночувствительность — не чувствительна

Таблица 1 – Механические свойства стали 10Г2СБ при температуре T=20 С°

Временное сопротивление σ_B , МПа	Предел текучести σ_T , МПа	Относительное удлинение δ_5 %
590,0	460,0	20,0

Таблица 2 – Химический состав стали 10Г2СБ, %.

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	S	P	Nb	Ti	Al
0,13	0,250- 0,50	1,30- 1,80	до 0,30	до 0,30	до 0,30	до 0,020	до 0,0250	0,030- 0,050	0,0050- 0,020	0,010- 0,060

2.3 Оценка свариваемости

«Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия. Низкоуглеродистые конструкционные стали относятся к первой группе свариваемости и свариваются без ограничений всеми видами сварки» [10].

Для оценки склонности металла к появлению холодных трещин в качестве показателя свариваемости металла можно использовать полный эквивалент углерода $C_{эkv.пол}$ [10], найденный по формуле:

$$C_{эkv.пол} = C_{эkv.x} + C_{эkv.p}, \quad (1)$$

где $C_{эkv.x}$ - химический эквивалент углерода в стали;

$C_{эkv.p}$ - размерный эквивалент углерода, учитывающий толщину свариваемого металла.

Химический эквивалент углерода в стали [6] определяется по формуле:

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

где C , Mn , Cr , V , Ni , Cu , P – массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, меди, ванадия и фосфора.

$$C_{эkv.x} = 0,13 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0}{14} + \frac{0,025}{2} \approx 0,5\% \quad (3)$$

Размерный эквивалент углерода определяется по формуле:

$$C_{эkv.p} = 0,005 \times S \times C_{эkv.x}, \quad (4)$$

где S – толщина свариваемой стали, мм.

$$C_{эkv.p} = 0,005 \times 10 \times 0,5 = 0,025. \quad (5)$$

Тогда полный эквивалент углерода $C_{эkv.пол}$ по формуле (1):

$$C_{эkv.пол} = 0,5 + 0,025 \approx 0,53\%. \quad (6)$$

Полученное значение полного эквивалента углерода для стали 10Г2СБ $C_{эkv.пол}$ больше 0,45, следовательно, требуется предварительный подогрев. Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} T_n &= 350 \times \sqrt{C_{эkv.пол} - 0,25}; \\ T_n &= 350 \times \sqrt{0,53 - 0,25} \approx 185^\circ\text{C}. \end{aligned} \quad (7)$$

Вывод: для сварки данного сварного стыка необходимо использовать предварительный подогрев 180 – 190°C.

2.4 Выбор сварочных материалов

Для сварки стали 10Г2СБ выбираем электроды типа Э50 и Э50А. «Согласно данные электроды применяются для сварки различных конструкций из малоуглеродистой, углеродистой и низколегированных сталей в тех случаях, когда наплавленный металл должен иметь предел прочности $\sigma_B = 500 \text{ МПа}$ при высоких значениях ударной вязкости» [11].

По содержанию серы и фосфора в стали 10Г2СБ (таблица 2) и по типичному химическому составу наплавленного металла электродами данного типа наиболее рационально использовать электроды марок: ОЗС–33, УОНИ 13/55, LB 52U. Механические и химические свойства наплавленного металла, а также условия проковки перед сваркой приведены в таблицах 3-5.

«Электроды ОЗС–33 предназначены для сварки особо ответственных конструкций. Обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

LB-52U (ЛБ 52У) — сварочный электрод с пониженным содержанием водорода. Использование данного электрода позволяет получить отличный наплавленный металл шва и аккуратный корневой чешуйчатый валик без дефектов при сварке с одной стороны соединения. Обеспечивает намного лучшую стабилизацию дуги и проплавление, чем другие низководородные электроды.

Электрод УОНИ 13/55 предназначен для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу шва предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Сварка во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности. Обеспечивает получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода» [11].

Основываясь на сравнительной характеристике данных типов электродов можно сделать вывод, что электроды LB 52U имеют лучшие химические и механические свойства, а так же меньшую температуру и время проковки по сравнению с электродами марок УОНИ-13/55 и ОЗС–33.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла, %

Марка	С	Mn	Si	S	P
УОНИ-13/55	0,10	0,7	0,25-0,35	0,03-0,04	0,035
LB-52U	0,06	1,02	0,51	0,006	0,011
ОЗС–33	0,08	0,95	0,4	0,018	0,021

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла

Марка	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
УОНИ-13/55	350	500	25-28	70-75
LB-52U	446	540	34	71
ОЗС–33	460	550	27	70

Таблица 5 – Прокалка перед сваркой

Марка электрода	Температура прокалки, С ⁰	Время прокалки, ч
УОНИ-13/55	350-400	1-2
LB-52U	300-350	0,5-1
ОЗС–33	350-380	1

2.5 Выбор источников питания для сварки

Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами рассмотрим два источника питания: сварочный инвертор Lincoln Electric Invertec V160-TP-2V и сварочный инвертор Esab Caddy ARC 152I A31.

Источники MMA Lincoln Electric Invertec V160-TP-2V (таблица 6) являются универсальными для работ мастерских и в полевых условиях. Отличительные функции: небольшие размеры и масса, возможность питания от генератора; функциональный и простой интерфейс панели управления; функция включения вентилятора при необходимости снижает потребляемую мощность и попадание пыли и дыма внутрь устройства; высокая частота импульса в V160T-Pulse позволяет фокусировать дугу, снизить деформации и увеличить скорость сварки.

Таблица 6 – Технические характеристики Lincoln Electric Invertec V160-TP

Характеристика	Значение
Наименование	V160-TP-2V
Сеть питания	115/230/1/50-60
Свароч. ток / Напряж. / ПВ	160A/26,4V/35% 130A/25,2V/100%
Сетев. предох.	32A/16A
Диапазон рег. свароч. тока	5-160A Max. OCV:48V
Габаритные размеры ВхШхД (мм)	320 x 200 x 430

Вес (кг)	10,5
Цена (руб)	64900

Простой и надежный профессиональный сварочный аппарат ESAB Caddy Arc 152i (таблица 7) максимальный ток 150 А. Охлаждение осуществляется по тоннельной схеме – исключено попадание грязи на электронику. Возможность использования сетевого кабеля до 100 м. Класс защиты IP23 дает возможность выполнения сварочных работ вне помещений. Встроенные функции HotStart™ и ArcPlus™ обеспечивают стабильное горение дуги при сварке в различных пространственных положениях.

Отличительные функции аппарата: наличие больших кабельных разъемов OKC 50, гарантирующих длительный срок службы; малогабаритная конструкция с корпуса из ударопрочного полимерного материала и алюминия позволяет легко и удобно перемещать аппарат; внутренние элементы защищены от попадания грязи и пыли; Caddy™ полностью соответствуя классу защиты IP23.

Таблица 7 – Технические характеристики ESAB Caddy Arc 152i

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В/Гц	230/50
Плавкий предохранитель, А	16
Диапазон тока ММА, А	8–150
Допустимая нагрузка при 40°C, ММА	
ПВ 25%, А/В	150/16
ПВ 60%, А/В	100/24
ПВ 100%, А/В	90/23,6
Напряжение холост. хода, В	58-72
Габаритные размеры, мм	418x188x208
Вес, кг	7,9
Цена (руб)	41200

Выбираем сварочный инвертор ESAB CADDY ARC 152I A31, т.к. у него меньше габаритные размеры и вес, что особенно актуально в условиях монтажных работ, а также у него меньше стоимость.

3 Расчет режимов сварки и определение характеристик сварного соединения

3.1 Расчет режимов сварки покрытыми электродами

«Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.» [10].

Таблица 8 – Конструктивные размеры сварного соединения

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s=s ₁	e		g-g ₁		e ₁ , ±2
	подготавливаемых кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	
C12			Св.8 до 11	16	±2	0,5	+1, 5 -0,5	10
C15			От 8 до 11	10	±2	0,5	+1, 5 -0,5	

«Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрических размеров шва. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно [12].

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур» [10] (рисунок 5):

$$F_{\text{н}} = 2 \times F' + F'' + F''' . \quad (8)$$

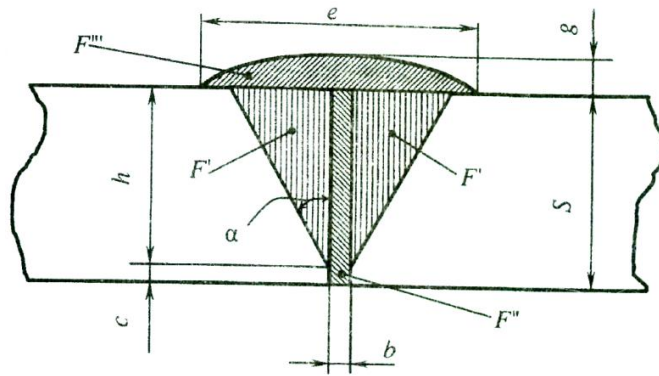


Рисунок 5 – Геометрические элементы площади сечения стыкового шва

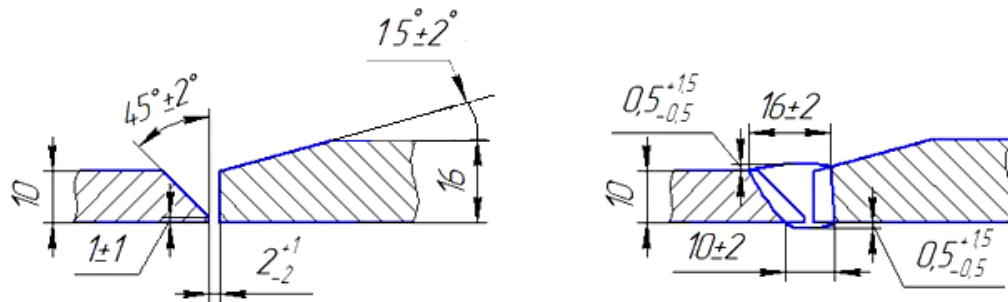


Рисунок 6 - Разделка кромок и параметры шва при криволинейном скосе одной кромки верхнего листа (С12)

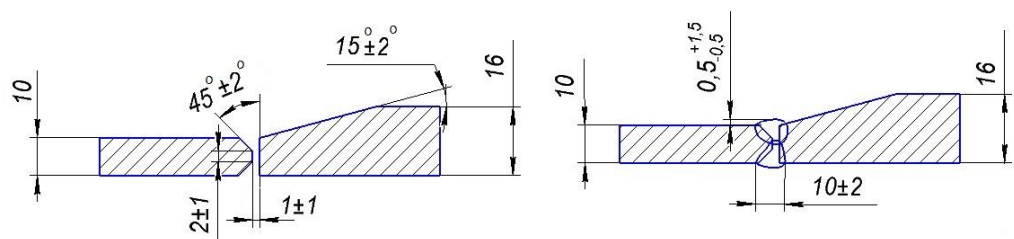


Рисунок 7 - Разделка кромок и параметры шва при двух скосах одной кромки верхнего листа (С15)

Тогда в случае криволинейного скоса одной кромки верхнего листа общая площадь поперечного сечения наплавленного металла равна:

$$F_{н_{C12}} = 0,5 \times h^2 \times \operatorname{tg} \alpha + b \times S + 0,75 \times e \times g + 0,75 \times e_1 \times g_1;$$

$$F_{н_{C12}} = 0,5 \times 9^2 \times \operatorname{tg} 45^\circ + 2 \times 10 + 0,75 \times 16 \times 0,5 + 0,75 \times 10 \times 0,5 \approx 70 (\text{мм}^2) \quad (9)$$

где S, b, e, g, h, α – размеры конструктивных элементов сварного соединения, обозначенные в таблице 8 и на рисунках 6 и 7 для разделок кромок С12 и С15 соответственно.

В случае двух скосов одной кромки верхнего листа (рисунок 7) общая площадь поперечного сечения наплавленного металла равна:

$$\begin{aligned}
 F_{n_{C15}} &= h^2 \times \operatorname{tg} \alpha + b \times S + 2 \times 0,75 \times e \times g; \\
 F_{n_{C15}} &= 4^2 \times \operatorname{tg} 45^\circ + 2 \times 10 + 2 \times 0,75 \times 10 \times 0,5 = 43,5 (\text{мм}^2)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

При швах, выполняемых за несколько проходов, все проходы стремятся выполнять на одних и тех же режимах. Исключение составляют только корневой и облицовочный проходы. Первый проход (корень шва) выполняется электродами до 3,25 мм включительно в целях лучшего провара и формирования корня шва. При сварке стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплаваемого за один проход, не должна превышать 30...35 мм² для корневого прохода и 30...40 мм² для последующих проходов, такие площади обеспечивают оптимальные условия формирования шва. Поэтому выбираем электроды диаметром 3,2 мм.

Для определения площади поперечного сечения металла, наплаваемого за первый проход, воспользуемся формулой, описанной в [13]:

$$\begin{aligned}
 F_1 &= (6..8) \times d_э; \\
 F_1 &= 6 \times 3,2 = 19,2 \text{мм}^2
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Для определения площади поперечного сечения последующих проходов:

$$\begin{aligned}
 F_n &= (8..12) \times d_э; \\
 F_n &= 8 \times 3,2 = 25,6 \text{мм}^2
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Число проходов рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{F_n - F_1}{F_n} + 1; \\
 n_{C12} &= \frac{70 - 19,2}{25,6} + 1 = 2,98 \approx 3, \\
 n_{C15} &= \frac{43,5 - 19}{26} + 1 = 1,95 \approx 2
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [13]:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \quad (14)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допустимая плотность тока, А/мм².

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} \cdot (13...18,5) = 103...147 \text{ А}, \quad (15)$$

Принимаем $I_{св}=125$ А. Однако, целью улучшения формирования шва для соединений, выполненных в вертикальном и горизонтальном положении, вводим коэффициент 0,8. В конечном результате получаем:

$$I_{св} = 0,8 \times 125 = 100 \text{ А}. \quad (16)$$

Необходимо отметить, что полученное значение $I_{св}$ попадает в рекомендуемый интервал по паспорту сварочного тока (от 90 А до 130А) для электродов марки LB-52U диаметром, равным 3,2 мм.

Напряжение на дуге при дуговой сварке покрытыми электродами лежит в интервале от 20В до 34В. Для приближённого расчёта напряжения на дуге можно воспользоваться выражением [14]:

$$\begin{aligned} U_д &= 20 + 0,04 \times I_{св} \\ U_д &= 20 + 0,04 \times 100 = 24 \text{ В} \end{aligned} \quad (17)$$

При этом для электродов с основным покрытием значения дуги целесообразно повысить до 5%, поэтому:

$$U_д = 1,05 \times 24 = 25,2 \text{ В} \approx 25 \text{ В} \quad (18)$$

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \times I_{св}}{3600 \times \gamma \times F_n}, \quad (19)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч (для LB-52U $\alpha_n=9$ г/А·ч);

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход, см²;

γ – плотность наплавленного металла за проход, г/см³ (для стали $\gamma=7,8$ г/см³).

Скорость сварки может изменяться в зависимости от количества проходов. Поэтому необходимо рассчитывать скорость сварки при изменении сварочного тока и площади поперечного сечения наплавленного металла для каждого прохода.

Подставляем значения в формулу (19) и получаем:

- для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{9 \times 100}{3600 \times 7,8 \times 19,2 \times 10^{-2}} \approx 0,17 \text{ см / с}, \quad (20)$$

- для второго и последующих проходов:

$$V_{св_n} = \frac{9 \times 100}{3600 \times 7,8 \times 25,6 \times 10^{-2}} \approx 0,12 \text{ см / с}, \quad (21)$$

Значение погонной энергии q_n определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см):

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \times U_d \times \eta_u}{V_{св}}, \quad (22)$$

где $q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U_d – напряжений на дуге, В;

η_u – эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9: покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (22) и получаем:

- для первого прохода:

$$q_n = \frac{100 \times 25 \times 0,8}{0,17} = 11764 \text{ Дж / см}, \quad (23)$$

- для второго прохода:

$$q_n = \frac{100 \times 25 \times 0,8}{0,12} = 16667 \text{ Дж / см}. \quad (24)$$

Для определения глубины проплавления необходимо сначала найти расстояние до изотермы плавления r , которое определяется выражением:

$$r = \sqrt{\frac{2 \times q_n}{\pi \times e \times c\rho \times T_{нл}}} \quad (25)$$

где $c\rho=4,9$ Дж/см³·град - объемная теплоемкость.

Если в формулу подставить значения всех констант для низкоуглеродистых и низколегированных сталей, то получим что расстояние до изотермы плавления определяется выражением, в котором погонная энергия подставляется в тепловых величинах, Дж/см:

$$\begin{aligned} r &= 0,005588 \times \sqrt{q_n} \\ r &= 0,005588 \times \sqrt{11764} = 0,6 \end{aligned} \quad (26)$$

При ручной дуговой сварке глубина провара находится по формуле:

$$\begin{aligned} H_{np} &= (0,5..0,7) \times r; \\ H_{np} &= (0,5..0,7) \times 0,6 = 0,3..0,42. \end{aligned} \quad (27)$$

Принимаем $H_{np}=0,3$ см. При многослойной сварке нет необходимости расчета глубины проплавления у последующих проходов.

Определяем скорость охлаждения металла согласно методике, изложенной в [14] при наплавке валика на лист толщиной δ :

$$V_{охл} = -2 \times \pi \times \lambda \times \omega \times \frac{(T_m - T_0)^2}{q_n} \quad (28)$$

где λ – коэффициент теплопроводности;

g_n – погонная энергия;

T_0 – начальная температура металла, °С;

ω – безразмерный критерий процесса охлаждения.

Чтобы приблизить расчетную схему к действительным условиям ввода тепла в изделие, необходимо при расчете сварки первого слоя шва подставлять не истинные значения погонной энергии q_n и толщины металла δ , а приведенные $q_{n\text{прив}}$ и $\delta_{\text{прив}}$, найденные по формулам:

$$\begin{aligned} q_{n\text{прив}} &= K_1 \times q_n; \\ \delta_{\text{прив}} &= K_2 \times \delta. \end{aligned} \quad (29)$$

Коэффициенты приведения K_1 и K_2 для расчета $V_{охл}$ стыкового шва при сварке первого слоя равны $3/2$ ($K_1=K_2=3/2$). Тогда:

$$\begin{aligned} q_{прив} &= \frac{3}{2} \times 11764 = 17646 \text{ Дж / см}; \\ \delta_{прив} &= \frac{3}{2} \times 10 = 15 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (30)$$

Безразмерный критерий зависит также от свойств свариваемого металла и условий сварки, выраженных через безразмерную величину $1/\theta$, определяемую по формуле:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\theta} &= \frac{2 \times q_n}{\pi \times \delta^2 \times c \rho \times (T_m - T_0)}; \\ \frac{1}{\theta} &= \frac{2 \times 17646}{3,14 \times 15^2 \times 4,9 \times (500 - 185)} = 0,032. \end{aligned} \quad (31)$$

тогда, согласно [14], равно $\omega=1$.

Подставляем все значения в формулу (28) и получаем:

$$V_{охл} = -2 \times 3,14 \times 0,39 \times 1 \times \frac{(500 - 185)^2}{17646} = 13,8^\circ \text{C / с}, \quad (32)$$

Полученное значение соответствует оптимальному интервалу скоростей охлаждения в околошовной зоне для стали 10Г2СБ ($\Delta V_{онм}=1,0 \dots 15^\circ \text{C/с}$). Толщины свариваемого металла всего 10 мм, поэтому введения дополнительных ограничений на скорость охлаждения металла не требуется: даже если в зоне термического влияния образуется мартенсит, то он практически не оказывает влияние на свойства шва металла. Для толщин же свыше 25-30 мм при нагреве во время сварки и при охлаждении образование бейнита и мартенсита происходит в больших количествах, а, следовательно, сварку таких сталей лучше выполнять на режимах, близких к нижней границе $\Delta V_{онм}$. [14].

3.2 Расчет химического состава шва

Степень легирования металла шва с определенной погрешностью может быть установлена сопоставлением химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по формуле:

$$[R]_{ш} = [R]_{о.м} \times \gamma + (1 - \gamma) \times [R]_{э} \pm \Delta R, \quad (33)$$

где $[R]_{ш}$ – содержание рассчитываемого элемента, %;

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

γ – доля участия основного металла в металле шва;

$(1 - \gamma)$ – доля участия электродного металла в металле шва, %;

$[R]_{э}$ – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленном данной маркой электродов или сварочной проволоки, %;

$\pm \Delta R$ – переход данного элемента из покрытия или флюсов в шов или его выгорание. В связи с тем, что при расчете химического состава шва покрытыми электродами $[R]_{э}$ уже включает в себя все химические реакции металла стержня и покрытия при формировании сварного шва, то $\pm \Delta R$ не учитывается.

Определяем долю участия основного металла для случаев с криволинейным скосом одной кромки верхнего листа (С12) и с двумя скосами одной кромки верхнего листа (С15) в металле шва по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{F_{np}}{F_{np} + F_{н}}, \quad (34)$$

где F_{np} – площадь проплавления основного металла. Для нахождения величины F_{np} воспользуемся тем же приемом, что и при нахождении площади наплавленного металла $F_{н}$.

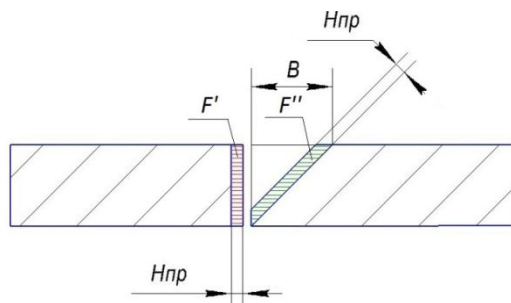


Рисунок 8 – Геометрические элементы площади проплавления основного металла в случае криволинейного скоса одной кромки верхнего листа (С12)

Тогда в случае криволинейного скоса одной кромки верхнего листа общая площадь проплавления металла равна (рисунки 5 и 8):

$$F_{npC12} = F' + F'';$$

$$F_{npC12} = S \times H_{np} + \frac{1}{2}(B^2 - h^2) \times tg\alpha = S \times H_{np} + \frac{1}{2}[(h + H_{np})^2 - h^2] \times tg\alpha; \quad (35)$$

$$F_{npC12} = 10 \times 3,0 + \frac{1}{2}[(9 + 3,0)^2 - 9^2] \times tg45^\circ = 61,5 \text{ мм}^2.$$

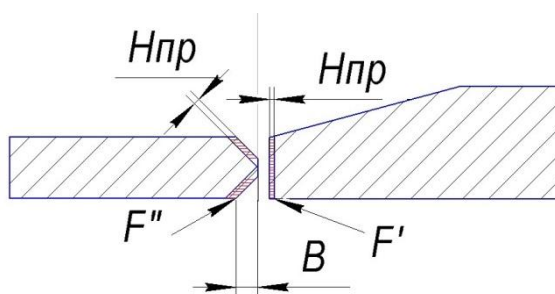


Рисунок 9– Геометрические элементы площади проплавления основного металла в случае двух скосов одной кромки верхнего листа (С15)

В случае двух скосов одной кромки верхнего листа общая площадь проплавления металла (рисунки 5 и 9) равна:

$$F_{npC15} = F' + 2F'';$$

$$F_{npC15} = S \times H_{np} + (B^2 - h^2) \times tg\alpha = S \times H_{np} + [(h + H_{np})^2 - h^2] \times tg\alpha; \quad (36)$$

$$F_{npC15} = 10 \times 3,0 + [(4 + 3,0)^2 - 4^2] \times tg45^\circ = 63 \text{ мм}^2.$$

Доля участия основного металла в металле шва для обоих случаев:

$$\gamma_{C12} = \frac{61,5}{61,5 + 70} = 0,47;$$

$$\gamma_{C15} = \frac{63}{63 + 43,5} = 0,59. \quad (37)$$

Определяем химический состав для сварки покрытыми электродами для сварного соединения С12:

$$[C]_{шв\ C12} = 0,13 \times 0,47 + (1 - 0,47) \times 0,06 \approx 0,09\%;$$

$$[Si]_{шв\ C12} = 0,4 \times 0,47 + (1 - 0,47) \times 0,51 \approx 0,46\%;$$

$$[Mn]_{шв\ C12} = 1,7 \times 0,47 + (1 - 0,47) \times 1,02 \approx 1,34\%;$$

$$[S]_{шв\ C12} = 0,02 \times 0,47 + (1 - 0,47) \times 0,006 \approx 0,013\%;$$

$$\begin{aligned}
[P]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,025 \times 0,47 + (1 - 0,47) \times 0,011 \approx 0,018\%; \\
[Ni]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,3 \times 0,47 \approx 0,14\%; \\
[Cr]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,3 \times 0,47 \approx 0,14\%; \\
[Cu]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,3 \times 0,47 \approx 0,14\%; \\
[Nb]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,04 \times 0,47 \approx 0,019\%; \\
[Ti]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,01 \times 0,47 \approx 0,005\%; \\
[Al]_{\text{ш}}_{C12} &= 0,05 \times 0,47 \approx 0,024\%.
\end{aligned}
\tag{38}$$

Определяем химический состав для сварки покрытыми электродами для сварного соединения С15:

$$\begin{aligned}
[C]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,13 \times 0,59 + (1 - 0,59) \times 0,06 \approx 0,1\%; \\
[Si]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,4 \times 0,59 + (1 - 0,59) \times 0,51 \approx 0,45\%; \\
[Mn]_{\text{ш}}_{C15} &= 1,7 \times 0,59 + (1 - 0,59) \times 1,02 \approx 1,42\%; \\
[S]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,02 \times 0,59 + (1 - 0,59) \times 0,006 \approx 0,014\%; \\
[P]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,025 \times 0,59 + (1 - 0,59) \times 0,011 \approx 0,019\%; \\
[Ni]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,3 \times 0,59 \approx 0,18\%; \\
[Cr]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,3 \times 0,59 \approx 0,18\%; \\
[Cu]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,3 \times 0,59 \approx 0,18\%; \\
[Nb]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,04 \times 0,59 \approx 0,024\%; \\
[Ti]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,01 \times 0,59 \approx 0,0059\%; \\
[Al]_{\text{ш}}_{C15} &= 0,05 \times 0,59 \approx 0,03\%.
\end{aligned}
\tag{39}$$

3.3 Определение механических характеристик сварного шва

Для легированных сталей необходимо достаточно точно учитывать химический состав металла шва. В результате изучения комплексного легирования металла шва с пределом легирования $C \leq 0,3\%$; $Si \leq 1,0\%$; $Mn \leq 2,5\%$; $Cr \leq 3,0\%$; $Ni \leq 3,0\%$; $Mo \leq 1,0\%$; $Cu \leq 3,0\%$; $Al \leq 0,75\%$; $Ti \leq 0,35\%$; $W \leq 2,0\%$, установлено, что для данного диапазона легирования изменение механических свойств металла шва пропорционально концентрации легирующих элементов. В результате исследований для предела прочности,

относительного удлинения и ударной вязкости сварного шва составлены эмпирические уравнения (40-42), действующие при условиях, что:

- концентрации отдельных элементов лежат в указанных выше пределах;
- суммарное содержание всех легирующих элементов не превышает 5%;
- скорость охлаждения не превышает 2°С/с, то есть отсутствует эффект закалки.

Предел прочности шва для С12 и С15:

$$\sigma_{\text{вн}0} = 48 + 500C + 252Mn + 175Si + 239Cr + 77Ni + 80W + 700Ti + 176Cu + 290Al + 168Mo;$$

$$\sigma_{\text{вн}0_{\text{С12}}} = 48 + 500 \times 0,09 + 252 \times 1,34 + 175 \times 0,46 + 239 \times 0,14 + 77 \times 0,14 + 0 + 700 \times 0,0047 + 176 \times 0,14 + 290 \times 0,024 + 0 \approx 592 \text{ МПа}; \quad (40)$$

$$\sigma_{\text{вн}0_{\text{С15}}} = 48 + 500 \times 0,1 + 252 \times 1,42 + 175 \times 0,45 + 239 \times 0,17 + 77 \times 0,17 + 0 + 700 \times 0,0059 + 176 \times 0,17 + 290 \times 0,03 + 0 \approx 634 \text{ МПа}.$$

Относительное удлинение шва для С12 и С15:

$$\delta_{\text{ш}0} = 50,4 - (21,8C + 1,5Mn + 4,9Si + 5,8Cr + 2,4Ni + 2,2W + 6,6Ti + 6,2Cu) + 17,1Al + 2,7Mo;$$

$$\delta_{\text{ш}0_{\text{С12}}} = 50,4 - (21,8 \times 0,1 + 1,5 \times 1,34 + 4,9 \times 0,46 + 5,8 \times 0,14 + 2,4 \times 0,14 + 0 + 6,6 \times 0,47 + 6,2 \times 0,14) + 17,1 \times 0,024 + 0 \approx 25\%; \quad (41)$$

$$\delta_{\text{ш}0_{\text{С15}}} = 50,4 - (21,8 \times 0,1 + 1,5 \times 1,42 + 4,9 \times 0,45 + 5,8 \times 0,18 + 2,4 \times 0,18 + 0 + 6,6 \times 0,0059 + 6,2 \times 0,18) + 17,1 \times 0,03 + 0 \approx 23,4\%.$$

Ударная вязкость шва при T=293К для С12 и С15:

$$KCU_{\text{ш}0} = [23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni + 0,5W + 15,4Ti + 4Cu + 1,4Mo) + 18Al] \times 10;$$

$$KCU_{\text{ш}0_{\text{С12}}} = \left[\begin{array}{l} 23,3 - (25,7 \times 0,1 + 6,4 \times 1,34 + 8,4 \times 0,46 + 2,4 \times 0,14 + 1,6 \times 0,14 + 0 + \\ + 15,4 \times 0,0047 + 4 \times 0,14 + 0) + 18 \times 0,024 \end{array} \right] \times 10 \approx 83 \text{ Дж} / \text{см}^2; \quad (42)$$

$$KCU_{\text{ш}0_{\text{С15}}} = \left[\begin{array}{l} 23,3 - (25,7 \times 0,1 + 6,4 \times 1,42 + 8,4 \times 0,45 + 2,4 \times 0,18 + 1,6 \times 0,18 + 0 + \\ + 15,4 \times 0,0059 + 4 \times 0,18 + 0) + 18 \times 0,03 \end{array} \right] \times 10 \approx 76 \text{ Дж} / \text{см}^2.$$

При больших скоростях охлаждения эффект закалки учитывается в виде дополнительных коэффициентов в формулах (40-42), которые можно определить, интерполируя данные на рисунке 10:

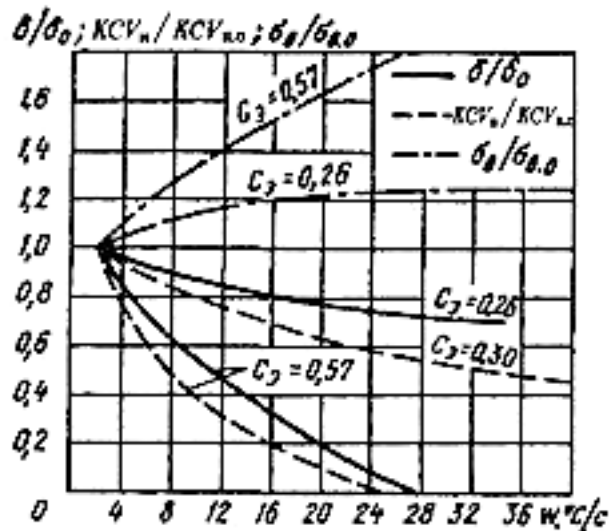


Рисунок 10 – Коэффициенты, учитывающие влияние скорости охлаждения низколегированного металла шва на его механические свойства

Тогда с учетом корректирующих коэффициентов:

а) предел прочности шва:

$$\begin{aligned} \sigma_{вш} &= 1,3 \times \sigma_{вш0}; \\ \sigma_{вш_{C12}} &= 1,3 \times 592 \approx 769 \text{ МПа}; \\ \sigma_{вш_{C15}} &= 1,3 \times 634 \approx 825 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (43)$$

б) относительное удлинение шва:

$$\begin{aligned} \delta_{ш} &= 0,6 \times \delta_{ш0}; \\ \delta_{ш_{C12}} &= 0,6 \times 25 \approx 15\%; \\ \delta_{ш_{C15}} &= 0,6 \times 23,4 \approx 14\%. \end{aligned} \quad (44)$$

в) ударная вязкость шва:

$$\begin{aligned} KCU_{ш} &= 0,35 \times KCU_{ш0}; \\ KCU_{ш_{C12}} &= 0,35 \times 83 \approx 29 \text{ Дж / см}^2; \\ KCU_{ш_{C15}} &= 0,35 \times 76 \approx 25 \text{ Дж / см}^2. \end{aligned} \quad (45)$$

На основе значений по формулам (43, 44) с учетом скорости охлаждения металла находим:

- предел текучести шва:

$$\begin{aligned} \sigma_m &= 0,73 \times \sigma_{вш}; \\ \sigma_{m_{C12}} &= 0,73 \times 769 \approx 560 \text{ МПа}; \\ \sigma_{m_{C15}} &= 0,73 \times 825 \approx 602 \text{ МПа}. \end{aligned} \quad (46)$$

- относительное поперечное сужение:

$$\begin{aligned}\psi_{ш} &= 2,32 \times \delta_{ш}; \\ \psi_{шC12} &= 2,32 \times 15 \approx 35\%; \\ \psi_{шC15} &= 2,32 \times 14 \approx 32\%.\end{aligned}\tag{47}$$

В конечном итоге получаем, что механические характеристики сварного шва для случаев разделки кромок С12 и С15 выше характеристик основного металла ($\sigma_m^{ш} > \sigma_m^{o.M}$).

3.4 Расход электродов для ручной дуговой сварки

Расход сварочных материалов определяется количеством наплавленного металла, который напрямую зависит от типа сварного соединения и геометрических размеров сварного шва.

Расход электродов для ручной дуговой сварки определяется по формуле:

$$G_э = (1,6...1,8) \times G_H,\tag{48}$$

где $G_э$ - масса электродов;

G_H - масса наплавленного металла, которая находится по формуле:

$$G_H = l_{шва} \times F_H \times \gamma,\tag{49}$$

где $l_{шва}$ – длина шва, см,

γ – плотность наплавленного металла за проход, г/см³

F_H – площадь наплавленного металла, см².

Длина шва определяется:

$$l_{шва} = \pi \times D,\tag{50}$$

где D – внутренний диаметр стенки резервуара ($D=3990$ см),

$$l_{шва} = 3,14 \times 3990 = 12529 \text{ см}.\tag{51}$$

Таким образом, для соединений С12 и С15 массы наплавленного металла и массы электродов для ручной дуговой сварки по формулам (48,49) равны:

$$\begin{aligned}
G_{H_{C12}} &= 12529 \times 0,7 \times 7,8 = 68406z; \\
G_{H_{C15}} &= 12529 \times 0,43 \times 7,8 = 42020z; \\
G_{\text{э}_{C12}} &= 1,6 \times 68406 = 109450z; \\
G_{\text{э}_{C15}} &= 1,6 \times 42040 = 67230z.
\end{aligned}
\tag{52}$$

3.5 Особенности технологии и техники сварки и сборки конструкции

До начала сварочных работ любые соединения резервуарных конструкций необходимо проконтролировать и принять под сварку по следующим конструктивным и технологическим параметрам [15]:

- геометрия кромок свариваемых элементов (углы скосов кромок, зазоры в стыке, притупления кромок, осевое смещение кромок), должны соответствовать проектным параметрам;
- поверхности кромок, а также околошовные зоны шириной не менее 20 мм должны необходимо зачищать от любых загрязнений;
- приспособления, применяемые для закрепления кромок свариваемых элементов, должны гарантировать необходимую прочность и жесткость закрепления, с целью исключения чрезмерной усадки швов и перемещений свариваемых элементов.

Закрепление элементов свариваемых кромок должно осуществляться при помощи сборочных приспособлений и оснастки.

При наличии необходимости применения прихваток на стыках, выполняемых в монтажных условиях, их рекомендуется располагать со стороны противоположной от части сечения шва, выполняемой первой. Размеры прихваток должны быть минимально необходимыми. При зачистке корня шва прихватки необходимо удалить.

Способы, режимы и техника сварки резервуарных конструкций должны обеспечивать:

- необходимый уровень механических свойств сварных соединений;

- требуемую однородность и сплошность металла сварного соединения;
- оптимальную скорость охлаждения выполняемых сварных соединений, которая зависит от марки стали, эквивалента углерода, толщины металла, режима сварки (погонной энергии), конструкции сварного соединения, а также температуры окружающей среды;
- минимальные коэффициенты концентраций напряжений;
- минимальные величины сварочных деформаций и перемещений свариваемых элементов;
- коэффициент формы каждого наплавленного шва (прохода) в пределах от 1,3 до 2,0 (при сварке со свободным формированием шва).

«При сварке резервуарных конструкций в зимнее время свариваемые кромки необходимо просушить от влаги и постоянно контролировать температуру свариваемого металла и, если расчетная скорость осаждения металла шва превышает допустимые значения для используемой марки стали, необходимо обеспечить предварительный, сопутствующий или после сварочный подогрев свариваемых кромок. Рабочие диапазоны скоростей охлаждения сталей, а также минимальные температуры, не требующие подогрева кромок при сварке, которые зависят от углеродного эквивалента, толщины металла, способа сварки и погонной энергии, также должны указываться в технологических проектах. Как правило, при осуществлении подогрева кромок следует нагревать металл на всю толщину в обе стороны от стыка на ширину 100 мм.

В зоне производства сварочных работ следует постоянно контролировать скорость ветра. При превышении допустимой скорости ветра сварочные работы должны быть прекращены либо должны быть устроены соответствующие защитные укрытия.

Сварочные работы должны производиться на стабильных режимах. Колебания величин сварочных токов и напряжений в питающей сети

сварочного оборудования, должны быть в пределах $\pm 5\%$ от номинальных» [15].

Удаление технологических приспособлений, закрепляемых сваркой к корпусу резервуара, осуществляется механическим способом или применением кислородной резки с последующей зачисткой мест их приварки заподлицо с металлом корпуса резервуара и последующим контролем качества поверхности металла в указанных зонах. Вырывы и подрезы в этих местах не допускаются.

После окончания сварки швы и прилегающие зоны должны быть зачищены от шлаковой корки и брызг электродного металла.

3.6 Сварочные напряжения и деформации, методы борьбы с ними

В результате локального нагрева металла, обусловленного воздействием точечного источника теплоты, в сварных конструкциях возникают временные и остаточные напряжения [16]. Временные сварочные напряжения присутствуют только в определенный момент сварки в процессе изменения температуры. Напряжения, остающиеся после завершения сварки конструкции и полного ее остывания, называются остаточными сварочными напряжениями. Возникают эти напряжения в результате затруднений расширения и сжатия металла при его нагреве и остывании. Затрудненность расширения и сжатия металла обуславливается тем, что участок, подвергаемый высоким температурам, со всех сторон окружен более холодным металлом, размеры которого не претерпевают никаких изменений. Остаточные реактивные напряжения создаются за счет дополнительного закрепления свариваемых деталей, которые препятствуют нормальному расширению и сжатию закрепленных деталей. Структурные напряжения возникают в конструкции вследствие структурных превращений участков металла околошовной зоны, нагретых в процессе сварки до температуры выше критических точек. Кроме напряжений и деформаций, характеризующих состояние отдельных объемов металла, при сварке

возникают перемещения, характеризующие изменение положения точек сварной конструкции в пространстве: укорочение, изгиб, поворот сечений, потеря устойчивости листовых элементов. Перемещения позволяют судить об изменении формы конструкции и о величине возникающих искажений. Для устранения деформаций и напряжений, которые образуются после сварки, существует ряд мероприятий.

При сборке конструкций необходимо применять сборочные приспособления (стяжные планки, клинья и т.п.), обеспечивающие свободное перемещение свариваемых конструкций от усадочных напряжений швов. Следует строго выдерживать геометрические размеры притуплений, зазоров и соосность свариваемых элементов. Превышение величины тепловложения в шов не допускается (увеличение силы сварочного тока по отношению к рекомендуемой для применяемого типа и диаметра электродов).

При сварке пластических сталей и металлов проковка слоев шва ведется непосредственно за сваркой (если она предусмотрена технологической запиской).

На заводах и в мастерских широко применяется правка конструкций деформированных после сварки. Существует три метода правки: механическая, термическая и термомеханическая. Основой механической сварки является образование пластических удлинений в зоне сварных соединений, из-за которых и устраняются деформации. Существует множество примеров механической правки с применением проковки, осадки, изгиба и т. п. с целью создания деформаций противоположных сварочным. Термическую правку осуществляют путем местным нагревом тех зон, усадка которых устранил остаточные сварочные деформации. Иногда применяют комбинированный термомеханический метод. При этом деформированный участок нагревают до температуры 700—800 °С, а затем правят его, равномерно простукивая деревянным молотком подложив с другой стороны плиту либо какую-то иную поддержку. Нагрев облегчает пластическую деформацию металла и устранение выпучины.

3.7 Сравнительный анализ разделки кромок С12 и С15

Таблица 9 – Параметры для разделки кромок С12 и С15

Параметр	С12	С15
Количество проходов, шт	3	2
Масса наплавленного металла, г	68406	42020
Предел текучести шва, МПа	560	602
Относительное поперечное сужение, %	35	34

Из таблицы следует, что механические характеристики сварного шва для обоих случаев удовлетворяют необходимым требованиям, однако, в случае выполнения сварного шва с двумя скосами одной кромки верхнего листа (С15) экономически выгоднее, чем при криволинейном скосе одной кромки верхнего листа (С12):

- расход электродов и затрачиваемой энергии источника питания в случае С15 в 1,5 раза меньше, чем при С12;
- конструктивное исполнение разделки кромки С15 позволяет осуществлять оба прохода одновременно с двух сторон, что в результате приводит к сокращению времени на выполнение сварного шва по сравнению с С12 почти в три раза.

В результате проекта разработана технология сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³ и выполнены задачи:

- определен материал сварной конструкции,
- свариваемость металлов,
- подобраны необходимые сварочные материалы,
- рассчитаны режимы для ручной дуговой сварки,
- рассчитан расход сварочных материалов для криволинейного скоса одной кромки верхнего листа (С12) и для двух скосов одной кромки верхнего листа (С15),
- разработана последовательность сварки,

- рассмотрены методы борьбы со сварочными напряжениями и деформациями в сварном шве;
- разработана операционная технологическая карта сборки и сварки горизонтальных стыков стенки резервуара объемом 20000 м³ (стык между I и II поясом, разнотолщинное соединение).

Перед тем как применять рассчитанные в проекте данные, необходимо произвести их практическую проверку, которая будет заключаться в визуальной оценке и разрушающем контроле сварного соединения.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич

Институт	Электронного образования	Кафедра	Оборудование и технология сварочного производства
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость применяемого оборудования для проведения эксперимента, заработная плата с учетом районного коэффициента, стоимость электроэнергии</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления от заработной платы по единому социальному налогу 30%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведение НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.17
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Название проекта: «Разработка технологии сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³».

Цель исследования в рамках проекта: «Исследование возможных изменений разделки кромок для уменьшения количества наплавленного металла.».

Объект исследования: стыковое соединение первого и второго поясов вертикального стального резервуара объемом 20 000 м³.

4.1 Предпроектный анализ

Для того чтобы разработать новый технологический процесс приходится учитывать множество факторов. Целью экономической части диплома является анализ процесса с экономической точки зрения.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проекта, оценивается эффективность разработки, анализируются возможные способы исполнения процесса сварки, а также рассчитывается эффективность производства по одному из способов.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результаты исследования могут быть применены на объектах строительства резервуарных парков с нефтью;

- Для хранения и отстоя пластовой воды и механических примесей;
- Для хранения пожарной или питьевой воды;
- Для хранения жидких пищевых (при условии обеспечения санитарно-гигиенических норм), агрессивных химических продуктов, минеральных удобрений; смешение нефти и нефтепродуктов;

Основные потребители: Нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие компании.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направления для ее будущего повышения.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется[17]:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (53)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{\kappa 1}$	$B_{\kappa 2}$	K_{ϕ}	$K_{\kappa 1}$	$K_{\kappa 2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,2
2. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,4
3. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
4. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
5. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,75	0,45
2. Уровень проникновения на	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,25	3,4
<p><i>Примечание:</i> B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ; $B_{\kappa 1}$ – прогнозная оценка профессиональных рисков;</p>							

Опираясь на полученные данные, можно сказать, что предложенная технология, рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы применяемые конкурентами.

4.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа.

В качестве предмета исследования выбран сварочный комплекс для ручной дуговой сварки ESAB Caddy Arc 152i и PT 150-12.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Кол-во деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. ESAB Caddy Arc 152i	1	Источник питания для сварки		X	
2. PT 150-12	1	Предварительный подогрев		X	
3. Электроды LB 52U	1	Расходные электроды		X	
4. Электрододержатель	1	Управление процессом сварки	X		
5. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали			X

Исходя из таблицы 11 видно, что преобладает основная функция.

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций (таблица 12), в которой определим более значимые из них.

Таблица 12 – Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6
1. ESAB Caddy Arc 152i	=	=	>	>	>	>
2. РТ 150-12	=	=	>	>	>	>
3. Электроды Т590	<	<	=	=	>	>
4. Электрододержатель	<	<	<	=	>	>
5. Кабель соединительный 15м	<	<	<	<	=	=
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	<	<	<	<	=	=

Примечание: «<» – менее значимая; «=» – одинаковые функции по значимости; «>» – более значимая

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций (таблица 13).

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	1	2	3	4	5	6	Итого	Вес
1. ESAB Caddy Arc 152i	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	8	0,23
2. РТ 150-12	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	8	0,23
3. Электроды Т590	0,5	0,5	1	1	1,5	1,5	6	0,17
4. Электрододержатель	0,5	0,5	0,5	1	1,5	1,5	5,5	0,15
5. Кабель соединительный 15м	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	4	0,11
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	4	0,11
							Σ	35,5
								1

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=»

Определяем значимость функций путем деления балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям.

Обязательным условием является то, что сумма коэффициентов значимости всех функций должна равняться 1.

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Задача данной стадии заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб
1. ESAB Caddy Arc 152i	1	Источник питания для сварки	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000
2. РТ 150-12	1	Механизм регулировки силы тока	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000
3. Электроды LB 52U	1	Расходные электроды	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000
4. Электрододержатель	1	Управление процессом сварки	2	3	2 000	500	1 000	3 500
5. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали	5	2	3 000	800	1 500	5 300
								57800

В дальнейшем путем суммирования затрат по каждой функции определили общую стоимость каждой из них.

Данная информация используется для построения функционально-стоимостной диаграммы на следующей стадии.

Стадия 5 Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально – стоимостной диаграммы (ФСД) (рисунок 11).

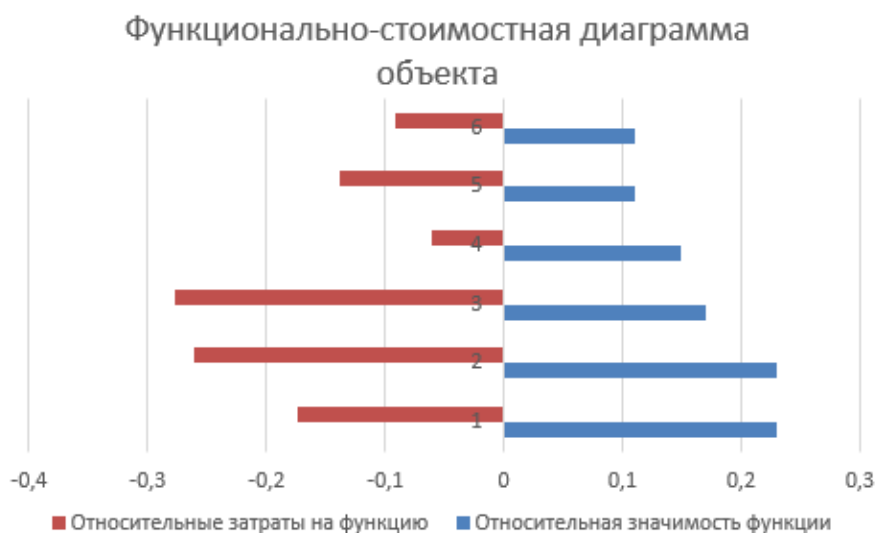


Рисунок 11 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ ФСД, приведенный выше показывает явное наличие рассогласования по функции 4 к которой относится электрододержатель. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) замена комплектующих на более дешевые отечественные аналоги.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны электрододержателя, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности.

4.1.4 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

SWOT – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 15).

Таблица 15 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Простота технологии С4. Минимальное количество отходов производства	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры ООО «Асиновский Водоканал» В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Использование разработки в промышленных масштабах В5. Повышение стоимости конкурентных разработок		

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством		
--	--	--

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 16–19).

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	0	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	+	–	–	0
	B4	+	0	0	–
	B5	0	0	–	+

Вывод по таблице 4: коррелирующие сильных сторон и возможностей проекта – B1C1C3C4, B2C1C2C3C4, B3C1, B4C1, B5C4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	0	–	–
	B2	+	–	–
	B3	0	0	0
	B4	+	0	0
	B5	0	+	+

Вывод по таблице 5: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – B2Сл1, B4Сл1, B5Сл2Сл3.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	–	0	+	+
	У2	+	–	0	+
	У3	0	+	–	0

Вывод по таблице 6: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта - У2С1С4, У3С2.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	–	–
	У2	+	0	+
	У3	+	0	+

Вывод по таблице 7: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У2Сл1Сл3, У3Сл1Сл3

Выявив соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – итоговая матрицу SWOT-анализа (таблица 20).

Таблица 20 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и ресурсоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота технологии</p> <p>С4. Минимальное количество отходов производства</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых условий и оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Необходимость в специалисте для настройки и применения данной системы.</p>
--	---	---

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ООО «Асиновский Водоканал»</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Использование разработки в промышленных масштабах</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1:Позволило провести исследования с минимальными затратами.</p> <p>В2С3:Исполнение проекта на профессиональном оборудовании.</p> <p>В3С2:Привлечет инвесторов и поможет в получении новых заказов.</p> <p>В5С4:При снижении затрат можем снизить себестоимость продукта и выйти на внутренний рынок.</p>	<p>В2Сл1:Применить разработанную технологию и прорекламировать образец.</p> <p>В5Сл3:Привлечь инвестора к демонстрации образца на их носителе и под контролем их специалиста.</p> <p>В4Сл3: Повышение квалификации персонала.</p> <p>В1Сл2: Развивать свою материально-техническую базу.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Конкуренция имеющихся технологий производства</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством</p>	<p>У1С1: Снижение затрат на производство продукта.</p> <p>У2С2: Снижение трат на экологию привлечь инвестора.</p> <p>У3С3: Простота технологии позволяет сократить расходы</p> <p>У2С4: Снижение себестоимости продукта</p>	<p>У1Сл1: Создать образец для демонстрации потенциальным инвесторам.</p> <p>У2Сл3:При создании образца обучить своего специалиста.</p> <p>У3Сл2: Создать прототип под контролем специалиста со стороны инвестора.</p>

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны проекта, а также возможные угрозы, из-за которых проект может не реализоваться. Исходя из анализа, можно сделать вывод, что реализация полностью оправдана, а реальных угроз выявлено не было.

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (54)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации.

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3

12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		60	57

Таким образом, разработка считается перспективной, а знания разработчика выше среднего. Возможно привлечение в работу эксперта по проведению процедуры оценки уровня профессиональных компетенций сотрудников, осуществляющих контрольно-надзорные мероприятия.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать. Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже [54].

1) Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 22.

Таблица 22 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Машиностроение	Модернизация и как следствие, уменьшение себестоимости, действующей на предприятии технологии сварки горизонтальных стыковых соединений.
Строительная промышленность	

В таблице 23 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 23 - Цели и результат проекта

Цели проекта:	Цель данной дипломной работы заключается, в поиске возможных способов улучшений действующих на предприятии технологий сварки горизонтальных сварных соединений, что позволит повысить качество, увеличить объем выпуска, снизить себестоимость и накладные расходы на единицу продукции.
Ожидаемые результаты проекта:	Производственная карта ручной дуговой сварки горизонтального сварного соединения первого и второго поясов вертикального резервуара объемом 20 000 м ³ .
Требования к результату проекта:	Требование: Выполнение поставленных задач Научное объяснение результатов экспериментов Заключение о результатах исследования

2) Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 24).

Таблица 24 - Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Филишов Н. Я., ст.преподаватель кафедры ОТСП	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Анфилофьев Д. С. студент кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

3) Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 25 - Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1.Источник финансирования	Компания ООО «Асиновский Водоканал»
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.02.2017 г.
3.2.2. Дата завершения проекта	02.06.2017 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничения по использованию сварочного аппарата.

В рамках процессов инициации были определены изначальные цели и предполагаемые результаты проекта. Зафиксированы изначальные финансовые ресурсы. Определены внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

4.3 Планирование управления проектом

4.3.1 План проекта

При создании нового технологического процесса предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату, оценивать наиболее правильный вариант разработки процесса.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю (таблица 26).

Таблица 26 - Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение ручной дуговой наплавки	
Практические исследования	9	Наплавка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной наплавки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Заключение	

Вывод: Сформирован график реализации проекта, распределены работы между исполнителями.

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика

Чтобы составить ленточный график проведения проектных работ (на основе диаграммы Ганта), сначала следует составить таблицу временных показателей проведения проектной работы.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (55)$$

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.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (56)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период

времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей (студент или руководитель).

Для удобства построения такого графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}} \quad (57)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (58)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю на 2017 год:

- количество календарных дней – 365;
- количество рабочих дней – 247;
- количество выходных и праздничных дней – 118.

Далее определим коэффициент календарности: $k_{\text{кал}} = \frac{365}{247 - 118} = 1,47$.

Таким образом, получаем таблицу временных показателей проведения работы (таблица 16).













Таблица 27 – Временные показатели проведения научного исследования



Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календ. днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожl}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	4	2,8	Руководитель	2,8	4
Выдача задания на тему	1	3	1,8	Руководитель	1,8	3
Постановка задачи	1	2	2,2	Руководитель	2,2	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки	2	5	3,2	Руководитель Студент	1,6	2
Поиск и изучение материалов по теме	15	30	21	Студент	21	31
Анализ существующего опыта	5	8	6,2	Студент	6,2	9
Подбор нормативных документов	4	7	5,2	Студент	5,2	8
Согласование полученных данных с руководителем	1	3	1,8	Руководитель Студент	0,9	1
Разработка системы	20	30	21	Студент	21	36
Оценка эффективности полученных результатов	2	3	2,4	Студент	2,4	4
Работа над выводом	1	2	1,4	Студент	1,4	2
Составление пояснительной записки	3	7	4,6	Студент	4,6	7

Таким образом, общая длительность работ в календарных днях (руководителя – 10 дн., студента – 97 дн., совместной работы – 3 дн.) равна 110 дн.

На основании таблицы 16 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 28).

Таблица 28 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4											
2	Выдача задания на тему	Руководитель	3											
3	Постановка задачи	Руководитель	3											
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	2											
5	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	31											
6	Анализ существующего опыта	Студент	9											
7	Подбор нормативных документов	Студент	8											
8	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	1											
9	Разработка системы	Студент	36											
10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4											
12	Работа над выводом	Студент	2											
13	Составление пояснительной записки	Студент	7											

 – студент;  – руководитель.

4.3.3 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты

Затраты на проведение научного исследования приведены в таблице 29. Большие затраты потребовались для проведения испытаний на источнике питания для ручной дуговой наплавки.

Таблица 29 – Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Затраты, руб.	Примечание
Материалы	1000	В качестве материалов были использованы образцы из стали 10Г2СБ
Источником питания ESAB Caddy Arc 152i и PT 150-12	5000	Приведена стоимость использования источника в течение одного рабочего дня. Испытания проводились в течении 10 дней.
Электроды	2000	
Паста ГОИ №1-3	1000	
Алмазные пасты	1500	
Итого	55500	

В результате планирования был сформирован график реализации проекта, учтены расходы на материалы, зарплату. А также оценен наиболее правильный вариант разработки процесса.

4.3.4 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени и установленным штатно-должностным окладом.

Для инженера (дипломника) месячный оклад составляет $Z_{от} = 7000$ руб/мес, для руководителя (ст. преподавателя) - $Z_{оп} = 19500$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (59)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (60)$$

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

$T_{\text{р}}$ — продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

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

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T}, \quad (61)$$

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

T – количество рабочих дней в месяце. Принимаем 6-дневную рабочую систему, значит $T=26$ дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (62)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

Таблица 30 – Месячная заработная плата работников проекта.

Исполнители работ	Оклад	Районный коэффициент	Месячная заработная плата
Руководитель	19500	1,3	9100
Студент	7000	1,3	25350
Итого			34450

$$Z_{\text{мт}} = 7000 \cdot 1.3 = 9100 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мп}} = 19500 \cdot 1.3 = 25350 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{дн.т}} = \frac{9100}{26} = 350 \text{ руб.}; \quad (63)$$

$$Z_{\text{дн.п}} = \frac{25350}{26} = 975 \text{ руб.} \quad (64)$$

Основную заработную плату определим с допущением, что на данный проект его работники затратили 100 полных рабочих дней (8 часов в день):

$$Z_{\text{осн.т}} = 350 \cdot 100 = 35000 \text{ руб.}; \quad (65)$$

$$Z_{\text{осн.п}} = 975 \cdot 100 = 97500 \text{ руб.} \quad (66)$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

Таблица 31 – Дополнительная заработная плата.

Исполнитель работ	Основная заработная плата	Коэффициент доп. заработной платы	Дополнительная заработная плата
Руководитель	97500	0,1	9750
Студент	35000	0,1	3500
Итого			13250

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (67)$$

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 0,1 и получаем:

$$Z_{\text{доп.т}} = 0.1 \cdot 35000 = 3500$$

$$Z_{\text{доп.п}} = 0.1 \cdot 97500 = 9750 \text{ руб.}; \quad (68)$$

Определяем полную зарплату работников (таблица 32).

Таблица 32- Полная заработная плата, руб.

Исполнитель работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Полная заработная плата
Руководитель	97500	9750	107250
Студент	35000	3500	38500
Итого			145750

$$C_{\text{зпт}} = 35000 + 3500 = 38500 \text{ руб.}; \quad (69)$$

$$C_{\text{зпп}} = 97500 + 9750 = 107250 \text{ руб.}$$

Таблица 33- Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Коэффициент отчислений	Отчисления во внебюджетные фонды
Руководитель	97500	9750	0,302	32389,5
Студент	35000	3500	0,302	11627
Итого				44016,5

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (70)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Принимаем $k_{\text{внеб}}=0.302$.

$$C_{\text{внеб.т}}=0.302 \cdot (35000+3500)=11627 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{внеб.п}}=0.302 \cdot (97500+9750)=32389,5 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (71)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов. Принимаем $k_{\text{накл}}=0.8$.

$$C_{\text{накл.}}=0.8 \cdot 145750=116600 \text{ руб.};$$

Фонд заработной платы представлены в таблице 34.

Таблица 34 - Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Грудоемкость выполнения работы Тисп, д	Зарплата по тарифной ставке руб./мес.	Средне-дневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	100	7000	350	35000	7000
Руководитель (ассистент)	1	100	19500	975	97500	19500
Итого:	2	200			132500	

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составим калькуляцию плановой себестоимости НТИ (таблица 35).

Таблица 35– Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	55500
Затраты по основной заработной плате исполнителей	132500
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	13250
Отчисления во внебюджетные фонды	44016,5
Накладные расходы	114803,6
Итого	360070,1

Из таблицы 11 видно, что для реализации проекта необходимо, чтобы бюджет НТИ составлял 360070,1 руб.

4.4 Определение финансовой и бюджетной эффективности исследования

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. В нашем исследовании мы можем рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (72)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 36. В текущем исследовании применялась ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. В качестве аналогов рассмотрим механизированную наплавку проволокой (аналог 1) и ручную дуговую наплавку в среде защитных газов (аналог 2).

Таблица 36 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Сложность постановки эксперимента	0.4	3	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0.1	5	4	2
3. Энергосбережение	0.15	5	2	1
4. Безопасность	0.15	5	4	2
5. Стоимость эксперимента	0.2	4	2	4
Итого	1			

По формуле 72 и данным таблицы 36 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_m^p = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 4 = 4;$$

$$I_m^{a1} = 0.4 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 2 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 2 = 2,9;$$

$$I_m^{a2} = 0.4 \cdot 4 + 0.1 \cdot 2 + 0.15 \cdot 1 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 4 = 3,05.$$

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация проекта в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.5 Результаты технико-экономического анализа

В рамках выполненной работы был проведен технико-экономический анализ разработки технологического процесса сварки двух поясов первого и второго вертикального резервуара ручной дуговой сваркой покрытыми электродами LB 52U.

В результате проведенного FAST-анализа были выявлены слабые стороны проекта, оптимизация которых приведет к уменьшению его стоимости и увеличению эффективности. Такими функциями можно назвать следующее:

- 1) применения принципиально новых конструкторских решений;
- 2) унификации сборочных единиц и деталей;
- 3) использование новых заготовок и материалов;
- 4) замена комплектующих на более дешевые отечественные аналоги.

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны проекта, и возможные угрозы, из-за которых проект может не реализоваться. Можно сделать вывод, что реализация полностью оправдана, а реальных угроз выявлено не было. И это позволит нам выйти на внутренний рынок.

Составлен план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником. Рассчитан бюджет (360070,1 руб) научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что она выше для технологического процесса ручной дуговой наплавки, по сравнению с другими способами наплавки, следовательно разработанная технология финансово выгодна, так как затраты на ее разработку и дальнейшее продвижение на рынок окупаемы, следовательно цель работы достигнута.

Результаты исследования могут найти практическое применение в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Оборудование и технология сварочного производства
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. В данном разделе производитсяписание рабочего места сварщика на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных факторов производственной среды (повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенная температура обрабатываемого материала, расплавленный металл, ультрафиолетовое, повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации, физические и нервно-психические перегрузки, выполнение работ в труднодоступных и замкнутых пространствах); – опасных факторов производственной среды (замыкание электрической цепи через тело человека, расположение рабочих мест на значительной высоте относительно поверхности земли (пола), падающие предметы (элементы оборудования) и инструмент, движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент); – негативного воздействия на окружающую природную среду (гидросферу, литосферу); – чрезвычайных ситуаций (техногенного, природного, социального, экологического и военного характера). <p>1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме, изучение ФЗ, СанПиН, СНиП, ГОСТ</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>физико-химическая природа вредности (наличие вредных веществ в воздухе рабочей зоны, недостаточная освещенность, повышенный уровень шума, повышенный уровень локальной вибрации, термические опасности, механическая опасность пожаробезопасность, электробезопасность);</p> <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые мероприятия по улучшению условий труда – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество); <p>пожар взрывобезопасность (источники, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>
<p>2. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<p>3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; – законодательная база в области охраны труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.17
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Сопруненко Э.Е			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Анфилофьев Дмитрий Сергеевич		

5 Социальная ответственность

5.1 Анализ выявленных потенциально опасных и вредных производственных факторов

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места сварщика при сварке горизонтального стыка первого и второго поясов (разнотолщинное соединение) резервуара объемом 20 000 м³, выполняемого сварочным инвертором ESAB Caddy Arc 152i электродами с основным покрытием LB 52U.

При выполнении электросварочных работ на работников возможно воздействие следующих потенциально опасных и вредных производственных факторов [18]:

- 1) движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент;
- 2) повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей;
- 3) повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- 4) повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл;
- 5) ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- 6) повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки;
- 7) повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах;
- 8) расположение рабочих мест на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);
- 9) физические и нервно-психические перегрузки;
- 10) выполнение работ в труднодоступных и замкнутых пространствах;
- 11) падающие предметы (элементы оборудования) и инструмент;
- 12) замыкание электрической цепи через тело человека.

5.1.1 Микроклимат производственных помещений

Микроклимат производственных помещений складывается из температуры, влажности, подвижности воздуха, температуры окружающих поверхностей и их тепловым излучением. Параметры микроклимата определяют теплообмен организма человека и оказывают существенное влияние на функциональное состояние различных систем организма, самочувствие, работоспособность и здоровье.

Температура в производственных помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия производственной среды. Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью, может привести к значительному накоплению тепла в организме, при котором наблюдается головная боль, тошнота, рвота, временами судороги, падение артериального давления, потеря сознания. При воздействии на организм человека отрицательных температур наблюдается сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи лица, изменяется обмен веществ. Оптимальные величины показателей микроклимата (таблица 37) на рабочих местах производственных помещений приведены в СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [19].

По интенсивности энергозатрат организма рабочее место сварщика при сварке горизонтального стыка первого и второго поясов (разнотолщинное соединение) резервуара объемом 20 000 м³ относится к категории Пб.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием технологических, санитарно-технических и медико-профилактических мероприятий.

Таблица 37 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

5.1.2 Вредные газы и аэрозоли, образуемые или используемые при проведении сварочных работ

Проведение сварочных работ невозможно без загрязнения воздушной среды рабочего пространства парами сварочного аэрозоля, в который могут входить следующие вещества:

- Оксиды марганца появляются в процессе проведения электродуговой сварки и наплавки сталей, в составе которых имеется марганец. Попадание оксидов марганца в легкие человека приводит к острым и хроническим отравлениям, поражениям ЦНС, печени и легких.
- Оксиды хрома образуются в процессе электродуговой сварки и наплавки сталей с использованием аустенитных сварочных электродов.

Отравления оксидами хрома приводит к постоянным головным болям, общей слабости, склонности к воспалению ЖКТ и токсической желтухе.

- Двуокись кремния имеется в большом количестве в аэрозолях сварочной дуги, оказывает разрушающее действие на органы дыхательной системы, что приводит к постоянной одышке, боли в груди, сухому кашлю.

- Фтористые соединения в составе сварочного аэрозоля появляются в процессе выполнения электродуговой сварки и наплавки стали электродами, в составе которых содержатся фтористые соединения. Фтористые соединения могут оказывать сильное раздражающее действие на верхние участки дыхательных путей.

- Фосфористый водород представляет собой бесцветный газ. Он является сильнейшим ядом, поражающим нервную систему, негативно отражающийся на обмене веществ, состоянии кровеносной системы, органов дыхания, печени и почек.

- Окись и пары цинка часто образуются в процессе сваривания и наплавки цинково-медных сплавов. Высокая концентрация паров цинка может привести к химическим отравлениям организма, проявляющимся преимущественно в лихорадке [20].

Предельно допустимые концентрации (ПДК) наиболее часто встречающихся вредных веществ в воздухе рабочей зоны варочных цехов приведены в таблице 38.

Для проведения безопасных работ на предприятии существуют средства коллективной и индивидуальной защиты, правильная организация рабочего процесса и архитектурно-планировочные решения.

К средствам коллективной защиты относят вентиляционное оборудование, фильтры, абсорберы. Также коллективный защитный характер носят влажность переработки, герметизация, отделка помещений особыми материалами, медосмотры, профпитание. При неэффективности коллективных средств защиты применяют средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Таблица 38 — Предельно допустимые концентрации (ПДК) наиболее часто встречающихся вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварочных цехов [21].

Вредное вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе РЗ	в атмосферном воздухе		
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	0,4/0,06	2	П
Алюминий и его сплавы, оксид алюминия (в том числе, с примесью диоксида кремния) в виде аэрозоля конденсации	2	-	4	А
Бериллий и его соединения	0,001		1	
Ванадий и его соединения: - дым пятиоксида ванадия	0,1		2	
- пыли трехоксида и пятиоксида ванадия	0,5		3	
Вольфрам	6		4	
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3%), легированные стали и их смеси с алмазом до 5%			4	
Железа оксид с примесью оксидов фтористых или 3...6 % марганцовых соединений		1		
Кадмия оксид	0,1/0,03*	1		

Вредное вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности	Агрегатное состояние		
	в воздухе РЗ	в атмосферном воздухе				
Кобальт металлический, оксид кобальта	0,5	0,001	2			
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0,2	0,01				
Медь металлическая	1/0,5*	-	3			
Молибден (растворимые соединения в виде аэрозоля конденсации)	2					
Молибден, нерастворимые соединения	6					
Никель, оксид никеля	0,05					
Озон	0,1	-	1		П	
Свинец и его неорганические соединения	0,01/0,005*				0,001	А
Титан и его оксиды	10				-	4
Торий	0,05	1				
Углерода оксид	20	5/3	4	П		
Феррохром металлический	2	-	3	А		
Фтористый водород	0,5/0,1*	0,02	2	П		
Фтористо-водородной кислоты соли (хорошо растворимые в воде)	2	0,03		А		
Хромовый ангидрид, хроматы, бихроматы	0,1	-		1		
Цинка оксид	0,5	0,05	2			

5.1.3 Шум

Сварочное производство сопряжено с воздействием шума от горения дуги, электроустановок. В результате влияния шума возникают повышенная утомляемость, раздражительность, плохой сон, головная боль, ослабление памяти, внимания и остроты зрения.

Допускаемые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются по звуковому давлению согласно [19] и составляют 80 дБА для рабочей зоны сварочных цехов. При превышении уровня шума работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты органов слуха: противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски; противошумные костюмы [22].

5.1.4 Вибрация

Рабочее место сварщика подвержено локальным вибрациям от ручного механизированного инструмента, органов ручного управления машинами и оборудованием. Согласно [19] нормативный уровень виброускорения для локальной вибрации не должен превышать 126 дБ.

Для защиты локальной вибрации применяют специальные рукавицы или перчатки, виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке, обувь на толстой резиновой или войлочной подошве.

5.1.5 Недостаточная освещенность

Сохранение зрения человека, состояния его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Контроль сварного соединения относится к категории IIIа зрительной работы. Согласно [19] требования к освещению для данного класса работы приведены в таблице 39.

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы, прохода людей и движения транспорта. Светильники такого освещения должны создавать на рабочих поверхностях не менее 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения. Аварийное освещение для эвакуации людей устраивается при наличии опасности возникновения травматизма. Светильники такого освещения должны обеспечивать по линии основных проходов в помещениях освещенность не менее 0,5 лк. Светильники освещения безопасности присоединяются к независимому источнику питания (генератор; аккумуляторные батареи; трансформаторы, питаемые от разных электрических сетей), а светильники для эвакуации людей - к сети, независимой от рабочего освещения, начиная от щита подстанции [23].

Таблица 40 — Требования к освещению для категории работ IIIа.

Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		Освещенность, лк			сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		КЕО еН, %			
		при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	
		всего	в том числе общего		UGR, не более	Кп, %, не более				
Малый	Темный	2000	200	500	25	15	-	-	3	1,2
		1500	200	400	22	15				

5.1.6 Ультрафиолетовое воздействие электрической дуги

В спектре электрической дуги содержатся невидимые ультрафиолетовые лучи, вызывающие воспаление слизистой оболочки глаз и ожоги кожи. Согласно [19] при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (кожа, ткани с пленочным покрытием, щитки или маски со специальными светофильтрами), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В (315-280 нм)+УФ-С (280-200 нм) не должна превышать 1 Вт/м^2 .

5.1.7 Ожоги каплями жидкого металла или шлака

При дуговой электросварке открытой дугой, а так же при контактной сварке оплавлением и газовой сварке брызги расплавленного металла разлетаются на значительные расстояния, что может привести к получению ожогов, как сварщиком, так и смежными рабочими.

Средства коллективной защиты: разделение смежных рабочих мест несгораемыми экранами (ширмами, щитами) высотой не менее 1,8 м; при работе на различных высотах по одной вертикали использование негорючих настилов.

Средства индивидуальной защиты: спецодежда из трудно воспламеняемого материала, рукавицы, берет, плотно зашнурованную обувь, защитные очки.

5.1.8 Механические опасности

В качестве механических опасностей на рабочем месте сварщика определяют все физические факторы, которые могут привести к травмам, обусловленным механическим движением деталей машины, инструмента, заготовок или вызванным выделяющимися при обработке твердыми или жидкими материалами.

Основные последствия механических опасностей: защемление или раздавливание; порезы; отрезание или разрубание; захват или наматывание;

затягивание или задерживание; попадание под удар; местный укол или полное прокалывание; поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения.

Исходящие от деталей машины (или заготовок) механические опасности обусловлены: формой поверхностей режущих элементов, острых кромок, остrokонечных деталей; массой и устойчивостью (потенциальной энергией деталей, которые могут двигаться под влиянием сил тяжести); массой и скоростью (кинетической энергией частей при контролируемом и неконтролируемом движении); ускорением; недостаточной механической прочностью, которая может привести к опасным поломкам или разрывам; потенциальной энергией упругих элементов (пружин), жидкостей или газов, находящихся под давлением или в вакууме.

Вследствие механического характера включены также опасности скольжения, спотыкания и падения при взаимодействии с машинами [24].

Методы и средства защиты: обеспечение недоступности опасной зоны; уменьшение опасности при помощи специальных приспособлений (оградительные, блокировочные и предохранительные).

5.1.9 Термические опасности

Для защиты от непосредственного контакта с нагретыми поверхностями и теплового излучения на рабочем месте сварщика применяются недоступность нагретых поверхностей, теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест. Средства защиты от термического воздействия должны обеспечивать тепловую облучённость на рабочих местах не более $0,35 \text{ кВт/м}^2$, температуру поверхности оборудования не более $35 \text{ }^\circ\text{C}$ при температуре внутри источника теплоты до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ и $45 \text{ }^\circ\text{C}$ при температуре внутри источника теплоты более $100 \text{ }^\circ\text{C}$ [25].

5.1.10 Пожаробезопасность

Производство сварочных работ на РВС 20 000 м³ относится к категории В2 (удельная пожарная нагрузка 1401...2200 МДж/м²).

При выполнении сварочных работ на РВС 20 000 м³ для обеспечения безопасной эвакуации людей в случае пожара согласно [26] должны быть установлены необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и эвакуационных выходов; обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы; организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (в том числе, с использованием световых указателей, звукового и речевого оповещения).

Контроль вредных, опасных производственных факторов должен осуществляться в установленные приказом о производственном контроле за условиями труда сроки, согласно утвержденному графику.

Оборудование должно отвечать требованиям безопасности в течение всего периода эксплуатации при выполнении персоналом требований в эксплуатационной документации. Все электрооборудование должно быть заземлено и иметь опознавательный знак в местах присоединения заземляющего проводника на оборудовании. Пусковые устройства машин и механизмов должны быть заблокированы с предохранительными устройствами.

Перечень действий при возникновении пожара: необходимо обесточить электрооборудование; отключить проточно-вытяжную вентиляцию; убрать горючие вещества дальше от огня; для тушения небольших вспышек в зависимости от характера загоревшихся веществ использовать асбестовое или шерстяное одеяло, песок или углекислотные огнетушители ОУ – 2 и ОУ – 5.

5.1.11 Электробезопасность и расчет заземления

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Резервуар объемом 20 000 м³ имеет 3 класс по электробезопасности .

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные оболочки и ограждения; безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию рабочего места; малое напряжение; защитное отключение; предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают выносные и контурные заземляющие устройства.

Выносные заземлители располагают на некотором расстоянии от оборудования, при этом заземлённые корпуса электроустановок находятся на земле с нулевым потенциалом, а человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением заземлителя.

Контурные заземлители располагают по контуру вокруг оборудования в непосредственной близости, поэтому оборудование находится в зоне растекания тока. В этом случае при замыкании на корпус потенциал грунта на территории электроустановки (например, подстанции) приобретает значения, близкие к потенциалу заземлителя и заземленного электрооборудования, и напряжение прикосновения снижается.

Определяем сопротивление стержневого электрода по формуле:

$$R_э = \frac{0,366 \times \rho \times K_э}{L_э} \left(L_э \frac{2 \times L_э}{d_э} + \frac{1}{2} L_э \frac{4 \times h_э + L_э}{4 \times h_э - L_э} \right), \quad (73)$$

где $R_э$, Ом – сопротивление растекания естественного заземлителя;

ρ , Ом*см – удельное сопротивление грунта растеканию электрического тока ($\rho=300$ Ом*см)

$K_э$ – коэффициент вертикальных электродов ($K_э=2$);

$L_э$, м – длина электрода ($L_э = 1,5$ м);

$d_э$, м – диаметр электрода ($d_э=0,1$ м);

$h_э$, м – глубина заложения электрода ($h_э=0,7$ м).

Подставляя значения в формулу (1), получаем:

$$R_э = \frac{0,366 \times 300 \times 2}{1,5} \left(Lg \frac{2 \times 1,5}{0,1} + \frac{1}{2} Lg \frac{4 \times 0,7 + 1,5}{4 \times 0,7 - 1,5} \right) = 254,3 \text{ Ом} \quad (74)$$

Определяем предварительно количество вертикальных электродов – n , шт, по формуле:

$$n = \frac{R_e}{R_э}, \quad (75)$$

где $R_э$, Ом – сопротивление заземлителя ($R_э=10$ Ом).

$$n = \frac{254,3}{10} \approx 26 \quad (76)$$

Выбираем расположение электродов в ряд. Отношение расстояния между электродами к их длине α/L равно 3. Коэффициент использования электродов $\eta_э=0,76$.

Определяем количество электродов с учетом коэффициента $\eta_э$:

$$n = \frac{R_e}{R_э \times \eta_э}, \quad (77)$$

$$n = \frac{R_e}{R_э \times \eta_э} = \frac{254,3}{10 \times 0,76} = 34 \quad (78)$$

Определяем длину соединительной полосы L_n , м:

$$L_n = \alpha \times n; \quad (79)$$

$$L_n = 4,5 \times 34 = 153 \text{ м} \quad (80)$$

Определяем сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = \frac{0,36 \times \rho \times K_э}{L_n} \times Lg \frac{2 \times L_n^2}{h_n \times b}, \quad (81)$$

где R_n , Ом – сопротивление соединительной полосы;

$K_э$ - коэффициент сезонности горизонтальных электродов, равный 5,5;

$b, \text{ м}$ – ширина соединительной полосы ($b = 0,04 \text{ м}$);

$h_n, \text{ м}$ – глубина заложения соединительной полосы ($h_n = 0,8 \text{ м}$).

$$R_n = \frac{0,36 \times 300 \times 5,5}{153} \times Lg \frac{2 \times 153^2}{0,8 \times 0,04} = 23,9 \text{ Ом}. \quad (82)$$

Определяем общее сопротивление R_Σ защитного заземления:

$$R_\Sigma = \frac{R_3 \times R_n}{R_3 \times \eta_n + R_n \times \eta_3 \times n}, \quad (83)$$

$$R_\Sigma = \frac{254,3 \times 23,9}{254,3 \times 0,57 + 23,9 \times 0,76 \times 34} = 7,9 \text{ Ом}, \quad (84)$$

где η_n – коэффициент использования горизонтальных полосовых заземлителей ($\eta_n = 0,57$).

Полученное значение удовлетворяет условию $R_\Sigma \leq R_3$ ($7,9 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}$).

Вывод: Общее сопротивление защитного заземления $R_\Sigma = 7,9 \text{ Ом}$ меньше допускаемого сопротивления, равного $R_3 = 10 \text{ Ом}$. Следовательно, при диаметре заземлителя $d = 10 \text{ мм}$ количеством $n = 34$ шт на расстоянии $4,5$ метра друг от друга с длиной соединительной полосы 153 метров, сопротивлении соединительной полосы $R_n = 23,9 \text{ Ом}$ и глубине заложения $h_n = 0,8 \text{ м}$ является достаточным для обеспечения защиты при схеме расположения заземлителей в ряд.

5.2 Защита окружающей среды

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение.

Согласно Федеральному закону "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [27] охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов,

предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Строительство резервуара объемом 20 000 м³ осуществляется с образованием следующих отходов: сточные воды; выбросы в атмосферу; твердые отходы.

Отсасываемый из помещений воздух, который содержит производственную пыль, поступает в циклон для очистки, а затем выбрасывается в атмосферу с соблюдением нормы рассеивания.

В зависимости от происхождения сточные воды разделяют на бытовые (хозяйственно-фекальные), производственные (промышленные) и атмосферные.

Сточные воды контролируются лабораторией охраны окружающей среды и поступают в городской коллектор, где подвергаются очистке ООО «Асиновский водоканал».

Твердые отходы помещаются в промаркированные емкости и отвозят на переработку.

5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях

Предприятие находится в городе Асино с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.) в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций, возникающих в результате диверсий, предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Заключение

В ходе дипломной работы:

- разработана технология сварки разнотолщинных соединений стенок I и II пояса вертикального резервуара объемом 20 000 м³;
- рассмотрены два типа разделок кромок сварного шва: С12 и С15. Отмечено, что механические характеристики сварного шва для обоих случаев удовлетворяют необходимым требованиям. Выполнение сварного шва с двумя скосами кромки верхнего листа (С15) экономически выгоднее, чем при криволинейном скосе кромки верхнего листа (С12);
- составлена операционная технологическая карта сборки и сварки горизонтальных стыков стенки резервуара объемом 20 000 м³ (стык между I и II поясом, разнотолщинное соединение.)
- проведен технико-экономический анализ разработки технологического процесса;
- рассмотрены выявленные потенциально опасные и вредные производственных факторов и определены способы коллективной и индивидуальной защиты от них.

Список использованных источников

1. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
2. Введение в основы сварки: учебное пособие / В.И. Васильев, Д.П. Ильященко, Н.В. Павлов; Юргинский технологический институт. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 317 с.
3. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
4. Сварка в защитных газах [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.welding.su/articles/gaz/gaz_80.html, свободный. – Загл. с экрана
5. СТО 0048-2005 Стандарт организации. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения жидких продуктов. Правила проектирования
6. Скос кромок при сварке – виды скосов и способы их производства [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://stalevarim.ru/pub/skos-kromok-pri-svarke-vidy-skosov-i-sposoby-ih-proizvodstva/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. ГОСТ Р 52910-2008 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов Общие технические условия»
8. ТУ 14-1-5270-94 Прокат листовой из стали марки 10Г2СБ для толстостенных газопроводных труб
9. Характеристика материала 10Г2СБ [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3133, свободный. – Загл. с экрана
10. Акулов А.И., Бельчук Г. А., Деменцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977. -432 с.
11. ГОСТ 9467-75 Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы
12. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1)

13. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.

14. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие/ Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.

15. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26.12.2012 № 780 «Об утверждении Руководства по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов»

16. Напряжения и деформации при сварке [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://svarkainfo.ru/rus/lib/book/nds/>, свободный. – Загл. с экрана.

17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

18. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 июня 2016 г. №310Н "Об утверждении правил по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования".

19. СанПиН 2.2.4.3359-16 “Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах”.

20. 1009-73 Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов.

21. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03»,

утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г.

22. ГОСТ 12.1.029-80 «Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация»

23. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение

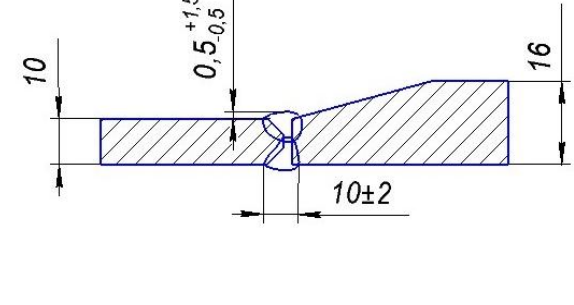
24. ГОСТ Р ИСО 12100-1-2007 Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Часть 1. Основные термины, методология

25. Чулков Н.А. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 180 с.

26. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»

27. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (с изменениями на 28 декабря 2016 года)

Объект	Организация-исполнитель (подрядчик) работ	Шифр карты
Парк вертикальных резервуаров для нефти емк.20 000 м ³		
<p style="text-align: right;">ППР№ _____</p> <p>Проектная документация: КМ _____ «СОГЛАСОВАНО» Представитель Заказчика _____ / _____ / « _____ » _____ 20__ г.</p> <p style="text-align: right;">«УТВЕРЖДАЮ» Руководитель организации-подрядчика (Директор проекта) _____ / _____ / « _____ » _____ 20__ г.</p> <p style="text-align: center;">ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА СБОРКИ И СВАРКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТЫКОВ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА ОБЪЕМОМ 20 000 М³ (СТЫК МЕЖДУ I и II ПОЯСОМ. РАЗНОТОЛЩИННОЕ СОЕДИНЕНИЕ)</p>		
Сведения об аттестации технологии:		
Наименование НТД: <i>ПБ 03-605-03, РД 16.01-60.30.00-КТН-026-04</i>		
Руководитель сварочных работ (должность Ф.И.О.)	(Подпись)	Организация - разработчик:
		Руководитель (должность Ф.И.О.)
		Исполнитель (должность Ф.И.О.)
Редакция:	Дата:	Стр.: 1 Всего стр.: 3

Объект	Организация-исполнитель (подрядчик) работ	Шифр карты	
<p>Способ сварки: РД</p> <p>Тип шва: стыковой (СШ)</p> <p>Тип соединения: Стыковое (С)</p> <p>Положение при сварке: Горизонтальное</p> <p>Вид соединения: Двухстороннее</p>	<p>Основной материал: <i>Сталь 10Г2СБ, класс прочности К60</i></p> <p>Номер ГОСТа, ТУ: <i>ТУ 14-1-5270-94</i></p> <p>Эквивалент углерода: <i>0,53%</i></p> <p>Толщина листов в мм: <i>лист 16,0+ лист 10,0</i></p> <p>Метод подготовки: <i>заводская кромка.</i></p> <p>Способ сборки: <i>на сборочных скобах и монтажной остнастке без прихваток.</i></p> <p>Предварительный подогрев: <i>180-190°С в зависимости от температуры окружающего воздуха.</i></p> <p>Просушка стыка: <i>при наличии на кромках следов влаги.</i></p> <p>Требования к прихватке: <i>без прихваток</i></p>		
<p>Присадочные материалы (наименование, марка, размер, тип): электроды с основным видом покрытия LB-52U (ЛБ 52У) диаметром 3,2 мм</p>	<p>Сварочное оборудование: <i>ESAB CADDY ARC 152I A31</i></p> <p>Вспомогательный инструмент: <i>Шлифмашинка, щетка, молоток, шаблон сварщика УШС-3, газоплазменная горелка, контактный термометр</i></p>		
<p>Эскиз №1. Конструкция соединения</p>	<p>Эскиз №2. Порядок сварки и конструктивные элементы шва</p>		
			
<p>Организация-разработчик:</p>			
<p>Редакция:</p>	<p>Дата:</p>	<p>Стр.:2</p>	<p>Всего стр.:3</p>

Объект	Организация-исполнитель (подрядчик) работ	Шифр карты
Перечень операций сборки и сварки		
Операция	Оборудование и инструмент	
<p>1. Подготовка и сборка. Зачистить до металлического блеска поверхности кромок и прилегающие к разделке поверхности кромок на величину не менее 50 мм.. Зашлифовать начало вертикальных швов до получения проектной разделки кромок. Сборку горизонтальных стыков производить согласно ППР. Смещение кромок не более 2,6 мм.. Произвести подогрев кромок до температуры 180-190°С.</p>	Щетка, ветошь, молоток, шлифовальная машинка, шаблон УШС-3, газоплазменные горелки, контактный термометр, сборочные приспособления, пост ручной дуговой сварки	
<p>2. Сварка. К сварке горизонтальных стыков приступать только после завершения сварки вертикальных стыков в смежных поясах. Перед сваркой сошлифовать до величины 0...1 мм усиление вертикальных швов примыкающем к горизонтальному стыку нижнему поясу стенки на длине 50-60 мм.. Одновременно с двух сторон выполнить произвести сварку покрытыми электродами выдерживая следующие режимы: $U_{св} 25В$, $I_{св} 100А$. Места остановки сварочного процесса зашлифовать для плавного перехода.</p>	Шлифовальная машинка, газоплазменные горелки, контактный термометр, инверторный источник ESAB CADDY ARC 152I A31	
<p>3. Контроль. Осуществить визуальный контроль, а так же контроль физическими методами согласно требованиям проекта, а так же технологической карты на контроль. По внешнему виду стыки должны отвечать требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Трещины, непровары, наружные поры и цепочки пор, свищи, прожоги, наплывы, не допускаются • Подрезы не должны превышать 0,4мм. 	УШС-3, оборудование для физических методов контроля согласно проекту и НДТ.	
<i>Неоговоренные в настоящей технологической карте операции следует выполнять согласно требованиям ППР, «Инструкции по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных резервуаров» и ПБ 03-605-03</i>		
Организация-разработчик:		
Редакция:	Дата:	Стр.:3
Всего стр.:3		