

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение. Машины и технологии сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии изготовления нефтегазового сепаратора

УДК 621.791.75:622.767.63-04784

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Иванов Сергей Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кулагин А.Е.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

15.04.01 «Машиностроение»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способностью осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности

ОПК(У)-8	Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способностью обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования, и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-8	Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение. Машины и технологии сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Гордынец А.С.
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группы	ФИО
1BM01	Иванову Сергею Вячеславовичу

Тема работы:

Разработка технологии изготовления нефтегазового сепаратора	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	10.01.2022 №10-5/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2022
--	------------

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>	Материалы научно-исследовательской работы
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор 2. Выбор основного материала конструкции 3. Обоснование выбора способа сварки 4. Выбор сварочных материалов 5. Расчет нефтегазового сепаратора 6. Расчет режимов сварки 7. Обоснование выбора сварочного оборудования 8. Разработка технологии сборки и сварки 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 10. Социальная ответственность 11. Заключение
--	---

<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эскиз нефтегазового сепаратора 2. Схемы выполнения сварных швов в комплекте технологической документации
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП, Верховская М.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Профессор ООД ШБИП, Федорчук Ю.М.</p>
<p>Раздел на иностранном языке</p>	<p>Доцент ОИЯ ШБИП, Устюжанина А.К.</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>10.01.2022</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОЭИ ИШНКБ</p>	<p>Гордынец А.С.</p>	<p>к.т.н.</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группы</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>1ВМ01</p>	<p>Иванов Сергей Вячеславович</p>		

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 Уровень образования магистратура
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.02.2022	1. Литературный обзор	10
05.03.2022	2. Основной материал конструкции	10
10.03.2022	3. Способ сварки	10
20.03.2022	4. Сварочные материалы	10
01.04.2022	5. Расчет нефтегазового сепаратора	10
01.04.2022	6. Расчет режимов сварки	10
08.04.2022	7. Сварочное оборудование	10
25.04.2022	8. Технология сборки и сварки	20
01.06.2022	9. Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

ОЗНАКОМЛЕН:

Студент

Группы	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Иванов Сергей Вячеславович		

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

Студенту:

Группы	ФИО
1ВМ01	Иванову Сергею Вячеславовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 35111 рублей Оклад инженера – 22695 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент 1,3 Накладные расходы 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 1,3

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группы	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Иванов Сергей Вячеславович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группы	ФИО
1ВМ01	Иванову Сергею Вячеславовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является технология изготовления нефтегазового сепаратора. Рабочим местом является отдельное помещение (лаборатория) в 16А корпусе. Рабочая зона: лаборатория Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности • Электроопасность • Пожароопасности 	<p>1. Вредные факторы:</p> <p>1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</p> <p>1.2 Недостаточная освещенность Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</p> <p>1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.4 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.5 Ультразвук, ПДУ, СКЗ, СИЗ.</p> <p>2. Опасные факторы:</p> <p>2.1 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ.</p> <p>2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<p>Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-</p>

<ul style="list-style-type: none"> Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группы	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Иванов Сергей Вячеславович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 134 страницы, 15 рисунков, 31 таблицу, 27 источников и 3 приложения.

Ключевые слова: нефтегазовый сепаратор, расчет сепаратора, ручная дуговая сварка, технология сварки, операционная карта, карта эскизов.

Объектом исследования является нефтегазовый сепаратор.

Предметом исследования является разработка технологии сборки и сварки нефтегазового сепаратора.

Цель работы – разработать технологию изготовления нефтегазового сепаратора.

В ходе работы были изучены методы расчета нефтегазового сепаратора и сущность процесса сепарации.

В результате исследований была разработана технология сборки и сварки нефтегазового сепаратора ручной дуговой сваркой покрытым электродом.

Степень внедрения: задание было выполнено применительно к предприятию АО «Верхнечонскнефтегаз».

Область применения: нефтегазовый сепаратор служит для отделения нефти от попутных при добыче загрязнений, газа и пластовых вод, может быть использован нефтегазодобывающими и нефтеперерабатывающими предприятиями.

Экономическая эффективность: разработанная технология изготовления нефтегазового сепаратора ручной дуговой сваркой покрытыми электродами является более выгодной, в сравнении с механизированными способами сварки в части затрат на оборудование и материалы, а также качества сварного соединения, влекущего за собой увеличенный срок эксплуатации и конкурентоспособность.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ОСТ 26-291 Сосуды и аппараты стальные сварные.
- ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия.
- ГОСТ 16350-80 Районирование и статические параметры климатических факторов для технических целей
- ГОСТ 9467-75 Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.
- ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты.
- ГОСТ 6533-78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов.
- ГОСТ 33259-2015 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов.
- ОСТ 26-2091-93 Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов.
- ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные.
- ГОСТ 12.0.003.2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.
- ГОСТ Р 2.2.2006-05 Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса.
- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
- СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
- ОСТ 54 30013-83. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения.
- СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

- ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
- СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.
- СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.

- ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность защитное заземление.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла;
- $F_{пр}$ – площадь поперечного сечения проплавленного металла;
- F – общая площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металла;
- n – число проходов;
- $I_{св}$ – сила сварочного тока;
- J – допустимая плотность тока;
- $d_э$ – диаметр электрода;
- U_d – оптимальное напряжение дуги;
- $V_{св}$ – скорость сварки;
- α_n – ударная вязкость;
- q_n – погонная энергия;
- η_n – эффективный коэффициент нагрева изделия дугой;
- δ – толщина свариваемого изделия;
- G_n – масса наплавленного металла;
- ρ – плотность основного металла;
- $l_{ш}$ – длина шва;
- $\sigma_{0,2}$ – предел текучести;
- σ_B – временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении);
- δ_5 – относительное удлинение после разрыва;
- $Q_{газа}$ – расход газа;
- $Q_{нефти}$ – расход нефти;

- $Q_{\text{воды}}$ – расход воды;
- w – начальная обводненность нефти;
- P – рабочее давление;
- $\rho_{\text{нефти}}$ – плотность нефти;
- g – ускорение свободного падения;
- R – универсальная газовая постоянная;
- T – температура при стандартных условиях;
- z – коэффициент (фактор) сжимаемости газа;
- M – молярная масса;
- U_{max} – максимальная скорость при которой капли нефти успевают осесть в газовой среде;
- K – коэффициент уравнения Саундер-Брауна;
- A – площадь сечения;
- D – диаметр сепаратора;
- $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для стали 09Г2С;
- φ – коэффициент прочности сварных швов;
- c – суммарная прибавка к номинальной расчетной толщине стенки;
- s – толщина стенки нефтегазового сепаратора;
- $U_{\text{ос}}$ – обводненность нефти после сепарации;
- $d_{\text{в}}$ – диаметр капли воды;
- $\rho_{\text{в}}$ – плотность дисперсной фазы;
- $\rho_{\text{н}}$ – плотность непрерывной фазы;
- $\mu_{\text{н}}$ – вязкость нефти;
- λ – поправочный коэффициент;
- V – объем нефтегазового сепаратора;
- L_{min} – минимальная длина нефтегазового сепаратора;
- $D_{\text{в}}$ – внутренний диаметр днища;
- S – толщина стенки днища;
- $h_{\text{в}}$ – высота эллиптической части;
- h_1 – высота цилиндрической части.

Оглавление

Реферат	10
Определения, сокращения и нормативные ссылки	11
Введение	17
1 Литературный обзор	18
2 Основной материал конструкции	20
2.1 Химический состав и механические свойства	21
2.2 Предварительный подогрев, термообработка и свариваемость	22
3 Способ сварки	23
4 Сварочные материалы	24
5 Расчет нефтегазового сепаратора	25
5.1 Расчет расхода сырья	26
5.2 Расчет диаметра и длины	26
5.3 Расчет толщины стенки	30
5.4 Расчет эллиптического днища (крышки)	31
5.5 Расчет патрубков	32
5.6 Расчет опор	34
5.7 Сводная таблица расчетов	35
6 Расчет режимов сварки	36
6.1 Соединение обечайка-днище (крышка)	37
6.1.1 Разделка кромок	37
6.1.2 Геометрические размеры сварного шва	38
6.1.3 Число проходов	38
6.1.4 Сила сварочного тока	40
6.1.5 Напряжение дуги	41
6.1.6 Скорость сварки	42
6.1.7 Погонная энергия	42
6.1.8 Глубина проплавления	43
6.2 Соединение обечайка-патрубок (люк)	43
6.2.1 Разделка кромок	43
6.2.2 Геометрические размеры сварного шва	45
6.2.3 Число проходов	45
6.2.4 Прочие расчеты	46
6.3 Соединение обечайка-опора	47

6.3.1	Разделка кромок	47
6.3.2	Геометрические размеры сварного шва	48
6.3.3	Число проходов	48
6.3.4	Прочие расчеты	49
6.4	Расход сварочных материалов	50
6.5	Сводная таблица по результатам расчета режимов сварки	52
7	Сварочное оборудование	54
8	Технология сборки и сварки	55
9	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
9.1	Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	56
9.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	56
9.1.2	Анализ конкурентных технических решений	56
9.1.3	SWOT – анализ	58
9.2	Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	60
9.2.1	Структура работ в рамках научно-технического исследования	60
9.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	61
9.2.3	Разработка графика проведения научно-технической работы	62
9.2.4	Бюджет научно-технического исследования	64
9.2.5	Расчет материальных затрат	65
9.2.6	Расчет амортизационных отчислений	66
9.2.7	Расчет заработной платы исполнителей	68
9.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды	70
9.2.9	Расчет накладных расходов	71
9.2.10	Формирование сметы на научно-техническую работу	72
9.3	Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	73
9.4	Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	74
10	Социальная ответственность	76
	Введение	76
10.1	Анализ выявленных вредных факторов	77
10.1.1	Микроклимат в помещении	77
10.1.2	Освещенность рабочей зоны	79
10.1.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений	84
10.1.4	Превышение уровней шума	86

10.1.5 Ультразвук	87
10.2 Опасные факторы	88
10.2.1 Электробезопасность	88
10.2.2 Пожарная опасность	89
10.3 Экологическая безопасность	92
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	93
Заключение по разделу «Социальная ответственность»:	95
Заключение	96
Список используемых источников	97
Приложение А Комплект технологической документации (карты эскизов)	100
Приложение Б Комплект технологической документации (операционные карты)	106
Приложение В Разделы на иностранном языке	117

Введение

На начальном этапе добычи нефти, она содержит в своем составе пластовые воды, газы различного происхождения и механические примеси. Присутствие пластовых вод в нефти может значительно сказаться на затратах при ее транспортировке и потребовать дополнительных энергозатрат на испарение воды и конденсацию паров, а повышение вязкости нефтяной смеси из-за пластовых вод, при понижении температуры, может привести к образованию кристаллогидратов. Так же на качество нефти оказывает негативное воздействие присутствие механических примесей, которые затрудняют переработку нефти, транспортировку по трубопроводам и вызывают эрозию внутренней поверхности труб или же повреждение внутреннего гладкостного покрытия.

Поэтому для обезвоживания и обессоливания водонефтяных эмульсий, отделения нефти от попутного газа, воды и механических примесей применяют специальные аппараты – нефтегазовые сепараторы. Нефтегазовые сепараторы подразделяются по показателям рабочего давления на три вида:

- До 0,6 МПа;
- От 0,6 до 2,5 МПа;
- Свыше 2,5 МПа.

В зависимости от рабочего давления нефтегазового сепаратора и климатических условий его применения зависит технология сварки данного аппарата. Грамотная разработка технологии сварки может позволить снизить затраты на изготовление нефтегазового сепаратора, уменьшить его металлоёмкость и увеличить срок службы.

1 Литературный обзор

Химические аппараты, такие как сепараторы, адсорберы, каплеотбойники, теплообменники, испарители, маслоохладители, конденсаторы, холодильники и так далее предназначены для воспроизведения в них физико-химических процессов, а именно: химической реакции, теплообмена без изменения агрегатного состояния, испарения, конденсации, кристаллизации, растворения, выпарки, ректификации, абсорбции, адсорбции, сепарации, фильтрации и так далее, а также для хранения и транспортировки различных химических веществ [1].

Химические вещества, которые хранятся, транспортируются или перерабатываются в данных аппаратах обладают различной степенью химической активности по отношению к конструкционным материалам, из которых изготовлены аппараты и могут по-разному воздействовать на эксплуатирующий его персонал. В химических аппаратах широко распространено использование химических веществ, обладающих едкими, пожароопасными и взрывоопасными свойствами. Химические аппараты могут применяться для различных технологических процессов, которые требуются для каждого отдельного тех. процесса технические параметры, а именно температуру и давление (рабочее давление может достигать до нескольких сотен МПа, а рабочее давление находится в пределах от $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+900\text{ }^{\circ}\text{C}$) [2].

Сварные химические аппараты подразделяются на пять групп, исходя из исходных рабочих параметров и содержащегося в них вещества, согласно ОСТ 26-291 – 94 [3].

Данные аппараты имеют ряд конструктивных элементов из которых состоит их конструкция, а именно: одна или несколько обечаек, из которых состоит цилиндрический корпус изделия, эллиптические днища, крышки, штуцеры и патрубки для ввода и вывода среды из изделия, а также для его очистки и подключения, контрольных и измерительных приборов. Также все

аппараты устанавливаются на опоры, в зависимости от вертикального или горизонтального пространственного положения и состоят из сварных и фланцевых соединений, строповых устройств [1].

Основным способом изготовления химических аппаратов является сварка. Существует множество сварочных технологий изготовления аппаратов, но наиболее распространенными являются технологии изготовления ручными и механизированными дуговыми способами сварки (ручными и механизированным в среде защитных газов, под флюсом). Также на предприятиях широко распространена автоматическая сварка под флюсом для соединения обечаек, днищ и крышек различных толщин, имеющих большую протяженность сварного шва. А ручной дуговой сваркой покрытыми электродами соединяются патрубки, штуцера, опоры и внутренние устройства аппаратов, сварка которых автоматическими методами затруднена по ряду обстоятельств [1].

Таким образом, изучив литературные источники, можно понять, что сварку химических аппаратов в основном производят на предприятиях, а затем транспортируют на эксплуатирующий его объект. Так как на объектах нефтегазодобывающей промышленности, в полевых условиях не распространена автоматическая сварка. По заданию, мне требуется разработать технологию сварки, применяемую в полевых условиях, а значит мне в большей мере подойдут ручные и механизированные способы сварки.

2 Основной материал конструкции

Технология изготовления нефтегазового сепаратора разрабатывается для применения на установке подготовки нефти (УПН), находящейся на открытой площадке в макроклиматическом районе с умеренным и холодным климатом по ГОСТ 15150-69 [4]. Температура воздуха при эксплуатации нефтегазового сепаратора, для холодного климатического района II₁ по ГОСТ 16350-80 будет составлять от -64⁰С до +38⁰С [5]. Учитывая рабочее давление 4 МПа, среднюю коррозионность среды и свариваемость следует выбрать в качестве основного материала низколегированную сталь 09Г2С.

Данная сталь обладает очень хорошей свариваемостью, что очень кстати при сварке в полевых условиях, а также очень устойчива в широких диапазонах температур, а именно от -70 °С до +450 °С, что позволяет ей быть распространенной при изготовлении сложных конструкций в нефтегазовой отрасли промышленности, во всех климатических районах. Высокая механическая устойчивость к низким температурам позволяет применять трубы, обечайки из стали 09Г2С в условиях холодного климатического района.

2.1 Химический состав и механические свойства

В низколегированной конструкционной стали марки 09Г2С присутствует 0,09% углерода, 2% марганца «Г», до 1% кремния «С». Количество добавок в данной стали до 2,5%. Подробный химический состав стали 09Г2С отображен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 09Г2С

Марка сплава	Fe	Mn	Si	Ni	Cr	Cu	C	As	S	N
09Г2С	От 96 до 97	От 1,3 до 1,7	От 0,5 до 0,8	Менее 0,3	Менее 0,3	Менее 0,3	Менее 0,12	Менее 0,08	Менее 0,04	Менее 0,008

Механические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С

T, °C	Состояние	Толщина стенки, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %
20	До закалки	10-20	325	470	21
	После закалки, отпуска		365	490	19
20	До закалки	20-32	305	460	21
	После закалки, отпуска		365	490	19

где $\sigma_{0,2}$ – предел текучести условный, МПа

σ_B – временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении), МПа

δ_5 – относительное удлинение после разрыва, %

2.2 Предварительный подогрев, термообработка и свариваемость

Для сварки конструкционной низколегированной стали марки 09Г2С требуется осуществлять предварительный подогрев, до температур от 100 °С до 130 °С. В процессе сварки данная сталь устойчива к перегреву и за счет этого не теряет свои механические свойства (предел прочности, предел текучести и т.д) [6].

Также сталь 09Г2С не становится хрупкой, не теряет вязкостные свойства после отпуска и обладает хорошей свариваемостью, в чем значительно преобладает над высокоуглеродистыми сталями. Для данной стали можно применять электроды, предназначенные для сварки низколегированных, малоуглеродистых сталей [6].

После сварки можно произвести термическую обработку, при которой прочностные характеристики сварного шва несколько улучшатся. Для этого требуется подогреть околошовную зону до температуры 650 °С и поддерживать ее в течение 1 часа, а потом снять подогреватель и охладить аппарат на воздухе. Таким образом можно повысить твердость сварного шва и снять остаточные напряжения [6].

3 Способ сварки

Способ сварки следует выбирать исходя из месторасположения площадки, на которой будут выполняться сварочно-монтажные работы, типа производства и пожеланий заказчика. Технология сварки разрабатывается для внедрения на территории установки переработки нефти, находящейся на Северо-Даниловском месторождении АО «Верхнечонскнефтегаз». Северо-Даниловское месторождение находится только на стадии развития и на нем наблюдаются проблемы с транспортной логистикой. Возможно, поэтому, на данном месторождении, в основном, работают подрядчики, выполняющие сварочно-монтажные работы с помощью ручной дуговой сварки покрытым электродом. Так же, зная, о том, что производство нефтегазовых сепараторов будет являться единичным, следует выбрать ручную дуговую сварку покрытым электродом для дальнейшей разработки технологии.

4 Сварочные материалы

Для сварки низколегированных конструкционных сталей рекомендовано использовать электроды с основным типом покрытия Э42А, Э50А согласно ГОСТ 9467-75 [7]. Из иностранных аналогов для сварки стали 09Г2С могут подойти электроды марки Esab УОНИИ 13/45 и УОНИИ 13/55 С, которые обеспечивают минимальное разбрызгивание металла, улучшают прочностные характеристики металла шва, подходят для сварки при низких температурах воздуха и показывают повышенную устойчивость к образованию горячих и холодных трещин.

Сварку электродами с основным видом покрытия типа Э42А и Э50А следует производить на постоянном токе обратной полярности на подъем. Прочностные и пластические характеристики металла шва и содержание вредных примесей в наплавленном металле при сварке электродами с основным типом покрытия Э42А, Э50А показаны в таблице 3 [7].

Таблица 3 – Прочностные и пластические характеристики металла шва и содержание вредных примесей при сварке электродами Э42А, Э50А

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание в наплавленном металле, %	
	Металла шва или наплавленного металла			Сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм			
	Временное сопротивление разрыву σ_b , кгс/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Ударная вязкость α_n , кгс·м/см ²	Временное сопротивление разрыву σ_b , кгс/мм ²	Угол загиба, град.	Серы	Фосфора
	Не менее						
Э42А	42	18	8	42	150	0,040	0,045
Э50А	50	16	7	50	120	0,040	0,045

5 Расчет нефтегазового сепаратора

Нефтегазовые сепараторы подразделяются по числу фаз на:

- Двухфазные;
- Трехфазные.

Так как по заданию требуется разработать технологию для сепаратора, который будет отделять нефть от пластовых вод и газа, то произведем расчет для трехфазного нефтегазового сепаратора.

Так же сепараторы могут быть выполнены в вертикальном и горизонтальном исполнениях. Расчет будет производиться для горизонтального нефтегазового сепаратора, поскольку объемы добычи нефти большие, а горизонтальные сепараторы обладают большей эффективностью в сравнении с вертикальными, помимо этого, нет потребности в экономии места на площадке размещения сепаратора.

Необходимо произвести расчет горизонтального трехфазного сепаратора: определить его диаметр, длину, толщину стенки обечаек и днища, рассчитать патрубки и т.д. с помощью исходных данных от заказчика. Исходные данные указаны в таблице 4:

Таблица 4 – Исходные данные

Показатель, единица измерения	Значение
Расход газа $Q_{\text{газа}}$, м ³ /сутки	100
Расход нефти $Q_{\text{нефти}}$, м ³ /сутки	1000
Начальная обводненность нефти w , %	20
Рабочее давление P , МПа	4
Плотность нефти $\rho_{\text{нефти}}$, кг/м ³	780
Допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 20 ⁰ С σ^* , МПа	183
Ускорение свободного падения g , м/с ²	9,81
Универсальная газовая постоянная R , Дж/моль·К	8,31
Давление при стандартных условиях P , Па	101325
Температура при стандартных условиях T , К	293

5.1 Расчет расхода сырья

Определим общий расход сырья, зная, что газовый фактор равен $100 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Примем газовый фактор равным расходу газа, таким образом $Q_{\text{газа}}=100 \text{ м}^3/\text{сутки}$

Расход сырья можно рассчитать из уравнения (1):

$$Q_{\text{сырья}} = Q_{\text{нефти}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}} \quad (1)$$

Расход воды можно рассчитать из уравнения (2):

$$w = \frac{Q_{\text{воды}}}{Q_{\text{нефти}} - Q_{\text{воды}}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где w – это начальная обводненность нефти, в %.

Выразим из уравнения $Q_{\text{воды}}$ и получим уравнение (3):

$$Q_{\text{воды}} = \frac{w \cdot Q_{\text{нефти}}}{100\% + w} \quad (3)$$

Зная, что начальная обводненность воды $w = 20\%$ и расход нефти $Q_{\text{нефти}} = 1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$, получаем, что:

$$Q_{\text{воды}} = 166,7 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

Рассчитаем общий расход сырья:

$$Q_{\text{сырья}} = Q_{\text{нефти}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}} = 1000 + 100 + 166,7 = 1266,7 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

5.2 Расчет диаметра и длины

Требуется определить размеры нефтегазового сепаратора для разделения смеси нефти, воды и газа. Переведем рассчитанные расходы воды, нефти и газа в систему измерений (СИ):

$$Q_{\text{нефти}} = 1000 \text{ м}^3/\text{сутки} = 0,116 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{воды}} = 166,7 \text{ м}^3/\text{сутки} = 0,0112 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{газа}} = 100 \text{ м}^3/\text{сутки} = 0,012 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{\text{сырья}} = 1266,7 \text{ м}^3/\text{сутки} = 0,147 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для расчета расхода газа в условиях сепарации требуется учесть сжимаемость газа. Плотность газа в условиях сепарации и стандартных условиях рассчитаем при помощи уравнения состояния идеального газа (4):

$$PV = z \cdot \frac{m}{M} \cdot RT \quad (4)$$

Выразим плотность из уравнения и получим уравнение (5):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{z \cdot R \cdot T}, \quad (5)$$

где ρ – плотность, кг/м³;

P – давление в сепараторе, Па;

M – молярная масса, г/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К;

T – температура в сепараторе, К;

z – коэффициент (фактор) сжимаемости газа.

Для расчета плотности газа необходимо знать его молярную массу M и коэффициент (фактор) сжимаемости газа z . Попутный нефтяной газ состоит из смеси газов с разной молярной массой, приведенной в таблице 5 [8]:

Таблица 5 – Компонентный состав попутного нефтяного газа

Компонент	Массовая доля, %	M , г/моль
C_4H_{10}	35	58
C_3H_8	7	44
CH_4	58	16

Рассчитаем молярную массу газа M по формуле (6):

$$M = \sum x_i \cdot M_i \quad (6)$$

$$M = 32,66 \text{ г/моль}$$

Рассчитаем плотность газа по формуле (5) при стандартных условиях, где фактор сжимаемости газа $z = 1$, давление $P = 101325$ Па, а температура $T = 293$ К:

$$\rho_{ст} = \frac{1,01325 \cdot 10^5 \cdot 32,66 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,31 \cdot 273} = 1,359 \text{ кг/м}^3$$

Подобным образом рассчитаем плотность газа в условиях сепарации, где фактор сжимаемости газа $z = 0,1$, давление $P = 4$ МПа, а температура $T = 293$ К:

$$\rho_{\text{сеп}} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 32,66 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot 8,31 \cdot 273} = 8,638 \text{ кг/м}^3$$

Расход газа в условиях сепарации необходимо вычислить по формуле (7):

$$Q_{\text{газа сеп}} = Q_{\text{газа}} \cdot \frac{\rho_{\text{ст}}}{\rho_{\text{сеп}}} \quad (7)$$

$$Q_{\text{газа сеп}} = 0,000182 \text{ м}^3/\text{с}$$

Производительность сепаратора по газу определяется максимальной скоростью, при которой капли нефти успевают осесть в газовой среде. Данную скорость можно вычислить по формуле (8):

$$U_{\text{max}} = K \cdot \sqrt{\frac{(\rho_{\text{нефти}} - \rho_{\text{газа}})}{\rho_{\text{газа}}}}, \quad (8)$$

где K – коэффициент уравнения Саундер-Брауна при горизонтальной ориентации сепаратора $K = 0,12$ м/с, а $\rho_{\text{нефти}} = 780$ кг/м³.

$$U_{\text{max}} = 0,12 \cdot \sqrt{\frac{(780 - 8,638)}{8,638}} = 1,133 \text{ м/с}$$

Таким образом, при помощи скорости и расхода газа, можно найти минимальную площадь сечения, необходимую для газовой фазы, по формуле (9):

$$A_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{газа}}}{U_{\text{max}}} \quad (9)$$

$$A_{\text{min}} = 0,016 \text{ м}^2$$

Рассчитаем скорость осаждения воды в нефти по формуле (10). Для этого задаем условие, что размер капли воды должен быть больше 500 нм (обводненность нефти после сепарации должна быть не больше, чем 10%) [9].

$$U_{\text{ос}} = \frac{g \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})}{18 \cdot \mu_{\text{н}} \cdot \lambda}, \quad (10)$$

где $d_{\text{в}}$ – диаметр капли воды, м;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность дисперсной фазы, кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность непрерывной фазы, кг/м³;

$\mu_{\text{н}}$ – вязкость нефти, Па·с;

λ – поправочный коэффициент.

Поправочный коэффициент λ вычисляется по формуле (11):

$$\lambda = \frac{2 \cdot \mu_{\text{нефти}} + 3 \cdot \mu_{\text{воды}}}{3(\mu_{\text{нефти}} + \mu_{\text{воды}})}, \quad (11)$$

где $\mu_{\text{нефти}} = 10$ и $\mu_{\text{воды}} = 1$.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 10 + 3 \cdot 1}{3(10 + 1)} = 0,7$$

$$U_{oc} = \frac{9,81 \cdot 0,0005^2 \cdot (1070 - 7800)}{18 \cdot 0,01 \cdot 0,7} = 0,00747 \text{ м/с}$$

Скорость осаждения максимальной осевой скорости потока вычисляется по формуле (12):

$$U_{max} = 15 \cdot U_{oc} = 15 \cdot 0,13 = 0,112 \text{ м/с}$$

Минимальная площадь поперечного сечения сепаратора, необходимая для разделения нефтяной фазы от водной вычисляется по формуле (12) и (13):

$$A_{\text{нефти}} = \frac{Q_{\text{нефти}}}{U_{max}} = \frac{0,116}{0,112} = 1,04 \text{ м}^2 \quad (12)$$

$$A_{\text{воды}} = \frac{Q_{\text{воды}}}{U_{max}} = \frac{0,019}{0,112} = 0,1 \text{ м}^2 \quad (13)$$

Теперь рассчитаем площадь поперечного сечения сепаратора для отделения газа, в большинстве случаев, ее принимают равной $\frac{1}{4}$ от общей площади поперечного сечения нефтегазового сепаратора (14):

$$A_{\text{газа}} = \frac{1}{4} \cdot (A_{\text{газа}} + A_{\text{нефти}} + A_{\text{воды}}) \quad (14)$$

$$A_{\text{газа}} = \frac{(A_{\text{нефти}} + A_{\text{воды}})}{3} = \frac{(1,04 + 0,1)}{3} = 0,38 \text{ м}^2$$

Таким образом, суммарная площадь сепаратора будет равна (15):

$$A_{\text{сеп}} = (A_{\text{газ}} + A_{\text{нефть}} + A_{\text{вода}}) = 0,38 + 1,04 + 0,1 = 1,52 \text{ м}^2 \quad (15)$$

Вычислим минимальный диаметр сепаратора по формуле (16):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{сеп}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,52}{3,14}} = 1,39 \text{ м} \quad (16)$$

Чтобы найти минимальную длину сепаратора достаточно воспользоваться коэффициентом стройности сепаратора s , который равен 3,5 для стандартных сепараторов. Вычислим минимальную длину сепаратора по формуле (17):

$$L_{min} = s \cdot D = 3,5 \cdot 1,39 = 4,87 \text{ м} \quad (17)$$

Так как диаметр сепаратора составляет 1,39 м, а минимальная длина 4,87 м, целесообразнее будет использовать для его производства обечайку диаметром 1420 мм и длиной 6000 мм. Следовательно примем длину обечайки сепаратора – 6 м.

Объем нефтегазового сепаратора вычислим по формуле (18):

$$V = A_{\text{сеп}} \cdot L = 1,52 \cdot 6 = 9,12 \text{ м}^3 \quad (18)$$

5.3 Расчет толщины стенки

Основным материалом конструкции является сталь конструкционная низколегированная 09Г2С. Расчет толщины стенки обечайки проводится в соответствии с ГОСТ 14249-89 [10].

Исполнительную толщину тонкостенной гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитываем по формуле (19):

$$s \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c, \quad (19)$$

где s – толщина стенки сепаратора;

P – рабочее давление сепаратора;

D – диаметр сепаратора;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение для стали 09Г2С;

φ – коэффициент прочности сварных швов;

c – суммарная прибавка к номинальной расчетной толщине стенки.

Так же для обечаек с диаметром $D \geq 200$ мм должно соблюдаться условие по формуле (20):

$$\frac{(s-c)}{D} \leq 0,1 \quad (20)$$

Определяем суммарную прибавку к номинальной расчетной толщине стенки по формуле (21):

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (21)$$

где c_1 – прибавка на коррозию, $c_1 = 1$ мм;

c_2 – прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, $c_2 = 0,8$ мм;

c_3 – технологическая прибавка, $c_3 = 0,5$ мм.

$$c = 1 + 0,8 + 0,5 = 2,3 \text{ мм}$$

Рассчитаем допустимое напряжение стали 09Г2С по формуле (22):

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* , \quad (22)$$

где η – коэффициент для взрывоопасных и пожароопасных сред, $\eta = 0,9$;

σ^* – допустимое напряжение для стали 09Г2С при 20 °С, $\sigma^* = 183$ МПа.

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 183 = 164,7 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности сварного шва при ручной дуговой сварке покрытыми электродами конструкционной низколегированной стали $\phi = 1$. Тогда толщина стенки обечайки, будет равна:

$$s = \frac{4 \cdot 1,39}{2 \cdot 164,7 \cdot 1 - 4} + 0,0023 = 0,0194 \text{ м}$$

Принимаем толщину стенки обечайки равной 20 мм и проверяем условие:

$$\frac{(20 - 2,3)}{1390} \leq 0,1 \text{ – условие выполняется}$$

5.4 Расчет эллиптического днища (крышки)

Расчет толщины эллиптического днища можно выполнить аналогично расчету обечайки по формуле (19), коэффициент прочности сварного соединения при этом будет меньше, примем его равным 0,99.

$$s = \frac{4 \cdot 1,39}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,99 - 4} + 0,0023 = 0,0173 \text{ м}$$

Принимаем толщину стенки эллиптического днища равной толщине стенки обечайки – 20 мм. Для сепаратора подойдет эллиптическое днище 1400-20-350 по ГОСТ 6533-78. Эскиз данного днища показан на рисунке 1 [11].

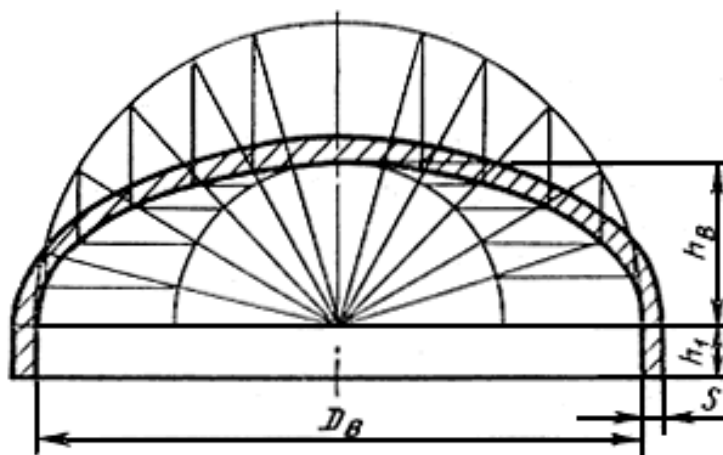


Рисунок 1 – Эскиз эллиптического днища

где $D_{в}$ – внутренний диаметр днища;

s – толщина стенки днища;

$h_{в}$ – высота эллиптической части;

h_1 – высота цилиндрической части.

Параметры эллиптического днища 1400-20-350 ГОСТ 6533-78 приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Параметры эллиптического днища (крышки)

$D_{в}$, мм	s , мм	$h_{в}$, мм	h_1 , мм	F , м ²	V , м ³	Масса, кг
1400	20	350	60	2,39	0,4499	387,3

где F – площадь внутренней поверхности, м²

V – объем эллиптического днища, м³

5.5 Расчет патрубков

Рассчитаем диаметры патрубков при скорости подачи сырья $\omega = 2$ м/с по формуле (23):

$$d_{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \omega}}, \quad (23)$$

где Q – расход газа, нефти или воды

ω – скорость подачи сырья

Рассчитаем диаметр входного патрубка сырья:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,147}{3,14 \cdot 2}} = 305,99 \text{ мм}$$

Рассчитаем диаметр выходного патрубка для нефти при $\omega = 2 \text{ м/с}$:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,116}{3,14 \cdot 2}} = 271,82 \text{ мм}$$

Рассчитаем диаметр выходного патрубка для воды при $\omega = 1,5 \text{ м/с}$:

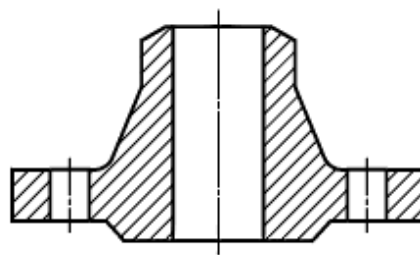
$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0112}{3,14 \cdot 1,5}} = 97,53 \text{ мм}$$

Рассчитаем диаметр выходного патрубка для газа при $\omega = 1 \text{ м/с}$:

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000182}{3,14 \cdot 1}} = 15,23 \text{ мм}$$

Диаметры патрубков после расчета округляются до ближайшего большего значения. Следовательно, $d_1 = 350 \text{ мм}$, $d_2 = 300 \text{ мм}$, $d_3 = 100 \text{ мм}$, $d_4 = 20 \text{ мм}$. Толщина стенки рассчитанных патрубков не должна быть меньше половины толщины стенки обечайки. Отталкиваясь от этого условия, принимаем толщины стенок для патрубков: $s_{d1} = s_{d2} = s_{d3} = s_{d4} = 12 \text{ мм}$.

Примем для воды и газа патрубки с внутренними диаметрами 200 и 150 мм, соответственно, на тот случай, если процентное содержание примесей газа и пластовых вод в нефти со временем увеличится. Помимо патрубков к телу обечайки нефтегазового сепаратора нужно будет приварить люк внутренним диаметром 500 мм и толщиной стенки 12 мм. А также потребуется приварить патрубок для очистки и для предохранительного клапана, внутренний диаметр для которых 300 и 200 мм соответственно, а толщина стенки равна 12 мм. Фланцы для патрубков подберем по ГОСТ 33259-2015, для давления в 4 МПа подходят только фланцы приварные одиннадцатого типа, эскиз фланца изображена на рисунке 2 [12].



Тип 11 – Фланец стальной
приварной встык

Рисунок 2 – Эскиз фланца

Результаты расчета и подбора штуцеров показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета штуцеров

Назначение штуцера	D_y , мм	s , мм
Вход смеси	350	12
Выход нефти	300	12
Выход воды	200	12
Выход газа	150	12
Для очистки	300	12
Для предохранительного клапана	200	12
Люк	500	12

5.6 Расчет опор

Опоры для аппаратов в химической промышленности выбираются из расчёта максимальной нагрузки, которую опора должна выдержать во время испытания. Для выбора опоры аппарата необходимо определить вес аппарата в случае его полного заполнения водой [13].

Масса аппарата $M_{\text{ап}} = 5000$ кг. Объем аппарата $V = 10$ м³.

Масса смеси будет вычислять по формуле (24):

$$M_c = \rho \cdot V = 780 \cdot 10 = 7800 \text{ кг} \quad (24)$$

Тогда масса аппарата при полном наполнении смесью будет равна (25):

$$M_{\text{общ}} = M_c + M_{\text{ап}} = 7800 + 5000 = 12800 \text{ кг} \quad (25)$$

Вес аппарата вместе с жидкостной смесью составит 128 кН. Если установить 2 опоры, на каждую будет действовать нагрузка, равна 64 кН. По ОСТ 26-2091-93 принимаем опоры второго типа (с диаметром от 800 до 2000 мм)

первого исполнения (с нагрузкой от 80 до 250 кН). Эскиз опоры показан на рисунке 3.

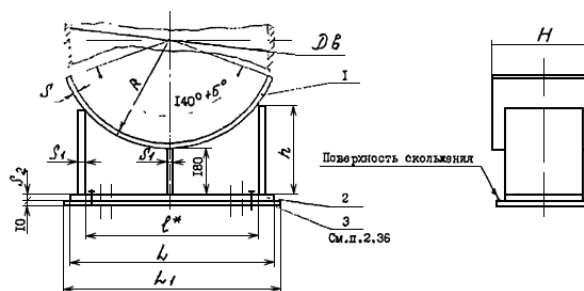


Рисунок 3 – Эскиз опоры

5.7 Сводная таблица расчетов

Результаты рассчитанных и выбранных параметров нефтегазового сепаратора представлены в таблице 8:

Показатель	Ед. измерения	Значение
Объемная производительность нефти	м ³ /сутки	1000
Рабочее давление	МПа	4
Диаметр сепаратора	мм	1420
Толщина стенки сепаратора	мм	20
Длина сепаратора	мм	6820
Объем сепаратора	м ³	9,68

Таким образом, можно все комплектующие части нефтегазового сепаратора можно заказать на заводе АО «Трубодеталь», а именно обечайку диаметром 1420 мм и толщиной стенки 20 мм из стали 09Г2С, два днища диаметром 1420 мм и толщиной стенки 20 мм, а также для патрубков трубы диаметром и толщиной стенки: 377x12, 325x12, 219x12, 159x12 и 530x12 – для люка. По результатам расчета толщин стенок и диаметров обечайки, днища (крышки) и патрубков нефтегазового сепаратора можно воспроизвести эскиз нефтегазового сепаратора (приложение А) и приступить к выполнению расчета режимов сварки для каждого типа сварного соединения.

6 Расчет режимов сварки

Расчет режимов сварки при ручной дуговой сварке покрытыми электродами подразумевает под собой определение таких основных параметров, как [14]:

- род и полярность сварочного тока;
- сила сварочного тока;
- напряжение дуги;
- диаметр электрода;

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами конструкционных низколегированных сталей выполняется на постоянном токе обратной полярности.

В данном разделе требуется рассчитать режимы сварки для каждого отдельного сварного соединения, а именно: обечайки с днищем, патрубков с обечайкой, опоры с обечайкой.

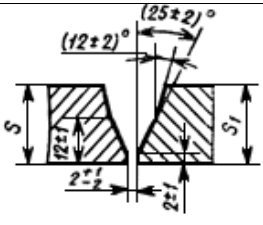
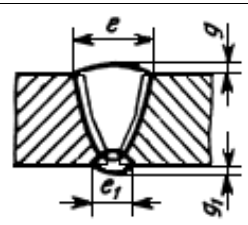
Расчет режимов сварки следует начинать с определения диаметра электрода, величина которого может быть разной в зависимости от сварки конкретного слоя шва (корневого, заполняющего, облицовочного). Поэтому для определения диаметра электрода нужно выбрать, подходящую для заданной толщины стенки разделку кромок, рассчитать геометрические размеры сварного шва и требуемое число проходов.

6.1 Соединение обечайка-днище (крышка)

6.1.1 Разделка кромок

В нефтегазовой промышленности при сварке больших толщин стенок широко используется разделка кромок С24 по ГОСТ 5264-80. Применим данную разделку кромок для сварки обечайки с днищем и крышкой. Конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва при типе сварного соединения С24 показаны в таблице 8 [15].

Таблица 8 – Конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва, тип сварного соединения С24 по ГОСТ 5264-80.

Конструктивные элементы		Толщина стенки $s = s_1$, мм	Ширина шва e , мм		e_1 , мм	Высота шва $g = g_1$, мм	
Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.
		Свыше 17 до 20	26	±3	10 ±2	0,5 +2 -0,5	

На рисунке 4 отображены все основные размеры при подготовке кромок под сварку, а именно: углы разделки кромок, притупление и зазор.

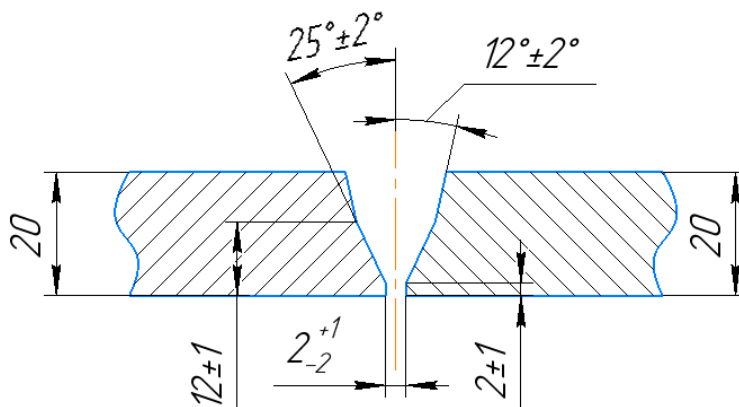


Рисунок 4 – Размеры подготовленных кромок сварных элементов, тип сварного соединения С24 по ГОСТ 5264-80

6.1.2 Геометрические размеры сварного шва

Для того, чтобы рассчитать число проходов и определить нужные диаметры электродов при сварке, требуется знать геометрические размеры сварного соединения, они включают в себя высоту и ширину облицовочного слоя шва, а также высоту и ширину обратного валика корневого слоя шва. Вышеперечисленные параметры сварного соединения взяты из ГОСТ 5264-80 и представлены на рисунке 5 [15].

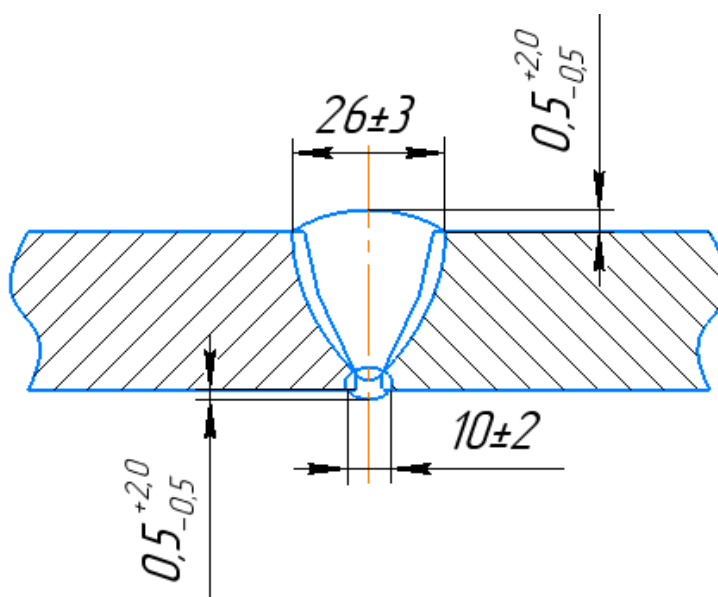


Рисунок 5 – Геометрические размеры сварного шва, тип сварного соединения С24 по ГОСТ 5264-80

6.1.3 Число проходов

Зная геометрические размеры сварного шва можно рассчитать площадь поперечного сечения наплавленного металла. Для этого нужно разбить площадь поперечного сечения сварного шва на семь участков: участок F_1 и F_5 – площадь сегмента, участок F_2 и F_4 – площадь прямоугольного треугольника, F_3 – площадь прямоугольника, F_6 и F_7 – площадь прямоугольной трапеции, как показано на рисунке 6.

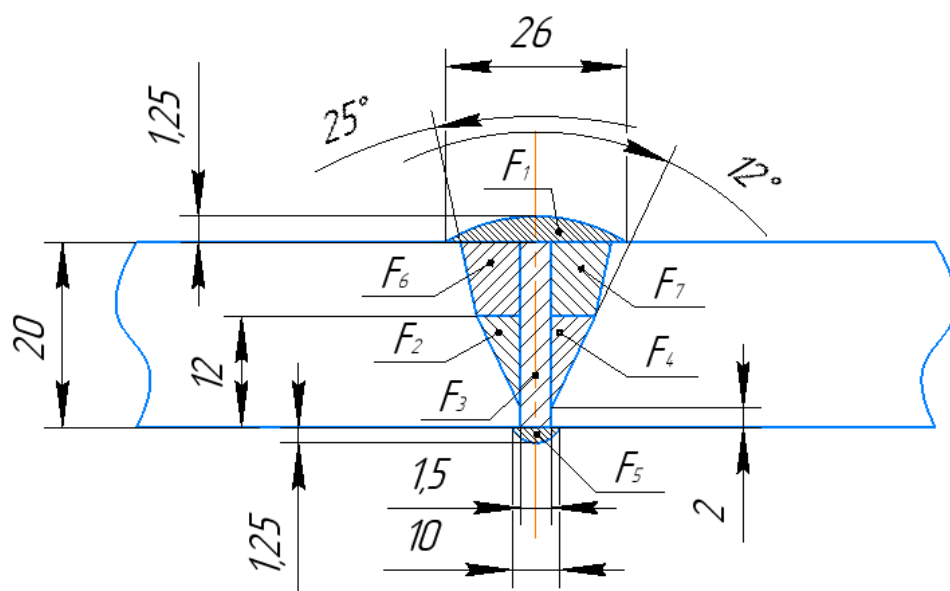


Рисунок 6 – Расчет площади поперечного сечения наплавленного металла

Из рисунка видно, что площади $F_2 = F_4$ и $F_6 = F_7$, общую площадь наплавленного металла найдем по формуле (26):

$$F_H = F_1 + 2F_2 + F_3 + F_5 + 2F_6 \quad (26)$$

$$F_H = 0,75 \cdot 26 \cdot 1,25 + 2 \cdot \left(\frac{1}{2} 10^2 \cdot \operatorname{tg}(12^\circ) \right) + 1,5 \cdot 20 + 0,75 \cdot 10 \cdot 1,25 +$$

$$+ 2 \cdot \left(\frac{1}{2} 8^2 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ) + 8 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg}(12^\circ) \right) = 148,86 \text{ мм}^2$$

Теперь рассчитаем общую площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металла по формуле (27):

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + q) = 427,05 \text{ мм}^2, \quad (27)$$

где e – ширина сварного шва;

S – толщина стенки обечайки;

q – высота облицовочного и корневого (подварочного) слоя шва вместе

Найдем площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле (28):

$$F_{\text{пр}} = F - F_H = 427,05 - 148,86 = 278,19 \text{ мм}^2 \quad (28)$$

При ручной дуговой сварке покрытыми электродами площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования валика и проплава,

составляет не более 30 мм² для первого прохода (при сварке корневого слоя шва) и не более 40 мм² для последующих проходов. Назначим выполнение корневого слоя шва электродом диаметром $d_3 = 3$ мм. Рассчитаем площадь наплавленного металла за первый проход по формуле (29):

$$F_1 = (6 \dots 8)d_3 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2 \quad (29)$$

Рассчитаем площадь наплавленного металла для последующих проходов по формуле (30):

$$F_{II} = (8 \dots 12)d_3 = 8 \cdot 3 = 24 \text{ мм}^2 \quad (30)$$

Рассчитаем число проходов по формуле (31):

$$n = \frac{F_{II} - F_1}{F_{II}} + 1 = \frac{148,86 - 18}{24} + 1 = 6,45 \approx 7 \quad (31)$$

Таким образом, минимальное число проходов, без учета подварочного составляет 7, с подварочным проходом $n=8$. Сварку можно будет осуществить минимум за 8 проходов.

6.1.4 Сила сварочного тока

Расчет силы сварочного тока при ручной дуговой сварке покрытыми электродами производится с помощью допускаемой плотности тока, которая зависит от диаметра используемого электрода и его покрытия. Так как покрытие электрода будет использоваться основное, а диаметр электрода примем для первых шести проходов (корневого, подварочного и заполняющих слоев) $d_3 = 3$ мм и для последних двух (облицовочного слоя) $d_3 = 4$ мм, то рассчитаем силу сварочного тока по формуле (32):

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} J, \quad (32)$$

где J – плотность тока, для $d_3 = 3$ мм $J = 13 \dots 18,5$ А/мм², а для $d_3 = 4$ мм $J = 10 \dots 14,5$ А/мм²

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 13 = 90 \text{ А}$$

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 18,5 = 130 \text{ А}$$

Таким образом сила сварочного тока при использовании электрода, диаметром 3 мм находится в промежутке от 90 до 130 А, назначим силу тогда для первых четырех проходов, равную (90 ÷ 110) А, для последующих двух, равную (110 ÷ 130) А. теперь рассчитаем силу тока при диаметре электрода $d_3 = 4$ мм:

$$I_{CB} = \frac{3.14 \cdot 4^2}{4} \cdot 10 = 125 \text{ А}$$

$$I_{CB} = \frac{3.14 \cdot 4^2}{4} \cdot 14,5 = 180 \text{ А}$$

При сварке электродом $d_3 = 4$ мм силу тока можно выставлять в промежутке (125 ÷ 180) А. Интервал силы тока достаточно большой, но не нужно забывать, что сварка будет осуществляться неповоротное соединения, поэтому при сварке в нижнем положении ток может быть увеличен, а при сварке в вертикальном или потолочном положении уменьшен. Подробные значения силы тока в зависимости от положения сварки будут отражены в операционно-технологической карте на процесс сварки.

6.1.5 Напряжение дуги

Рассчитаем оптимальное напряжение дуги для рассчитанной силы сварочного тока по формуле (33):

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot I_{CB} \quad (33)$$

Для сварки электродом с диаметром $d_3 = 3$ мм:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot (90 \dots 130) = 24 \pm 1 \text{ В}$$

Для сварки электродом с диаметром $d_3 = 4$ мм:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot (125 \dots 180) = 26 \pm 1 \text{ В}$$

Напряжение на дуге будет варьироваться подобно сварочному току в зависимости от положения сварки.

6.1.6 Скорость сварки

Скорость сварки при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, рассчитывается косвенно, так как каждый сварщик индивидуален и при сварке на человека влияет множество факторов, невозможно осуществлять сварку с одинаковой скоростью, но необходимо знать скорость с которой варить рекомендуется. Данный параметр понадобится для дальнейшего расчета погонной энергии. Рассчитаем скорость сварки по формуле (34):

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}}, \quad (34)$$

где $\alpha_{\text{н}} = 9,5$ г/А·ч – коэффициент наплавки;

$\gamma = 7,8$ г/см³ – плотность наплавленного металла за данный проход;

$F_{\text{н}} = 18$ мм² для $d_{\text{э}} = 3$ мм и $F_{\text{н}} = 24$ мм² для $d_{\text{э}} = 4$ мм – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм².

Тогда рассчитаем скорость сварки для электродов диаметром 3 мм и 4 мм соответственно:

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot (90 \dots 130)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 0,2 \pm 0,03 \text{ см/с}$$

$$V_{\text{св}} = \frac{9,5 \cdot (125 \dots 180)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} = 0,215 \pm 0,04 \text{ см/с}$$

6.1.7 Погонная энергия

Рассчитаем значение погонной энергии, которое понадобится для дальнейшего расчета глубины проплавления. Погонная энергия определяет значение энергии вводимое в единицу длины шва, рассчитаем ее по формуле (35):

$$q_n = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{св}}}, \quad (35)$$

где q_n – погонная энергия;

$I_{\text{св}}$ – ток сварочной дуги;

$U_{\text{д}}$ – напряжение на сварочной дуге;

$\eta_{и}$ – эффективный КПД нагрева изделий дугой, при ручной дуговой сварке покрытыми электродами составляет 0,75 – 0,85;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги.

Рассчитаем q_n при сварке электродом $d_э = 3$ мм:

$$q_n = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,2} = 10560 \text{ Дж/см}$$

Рассчитаем q_n при сварке электродом $d_э = 4$ мм:

$$q_n = \frac{150 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,215} = 14512 \text{ Дж/см}$$

6.1.8 Глубина проплавления

Зная погонную энергию, можно вычислять глубину проплавления по формуле (36):

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_n} \quad (36)$$

Таким образом глубина провара электродом $d_э = 3$ мм будет равна:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{10560} = 0,57 \text{ см} = 5,7 \text{ мм}$$

Глубина провара электродом $d_э = 4$ мм будет равна:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{11143} = 0,67 \text{ см} = 6,7 \text{ мм}$$

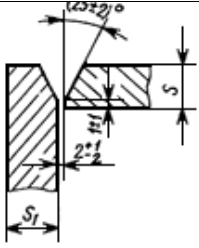
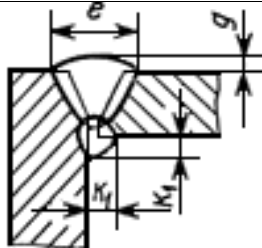
6.2 Соединение обечайка-патрубок (люк)

6.2.1 Разделка кромок

Для соединения обечайка-патрубок расчет будет проводиться по аналогии с прошлым разделом, при этом режимы сварки будут рассчитываться для углового сварного соединения разнотолщинных элементов. Разделку кромок назначим У10 по ГОСТ 5264-80. Данная разделка кромок используется для разнотолщинных сварных соединений, у которых толщина одной стенки меньше или равна половине толщины другой стенки. В таблице 9 указаны конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва по ГОСТ 5264-80 [15].

На рисунке 7 отображены основные размеры при подготовке кромок к дальнейшей сборке и сварке:

Таблица 9 – Конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва, тип сварного соединения У10 по ГОСТ 5264-80.

Конструктивные элементы		Толщина стенки s , мм	Ширина шва e , мм		Высота шва $g = g_1$, мм	
Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
		Свыше 17 до 20	26	± 3	0,5	+2 -0,5

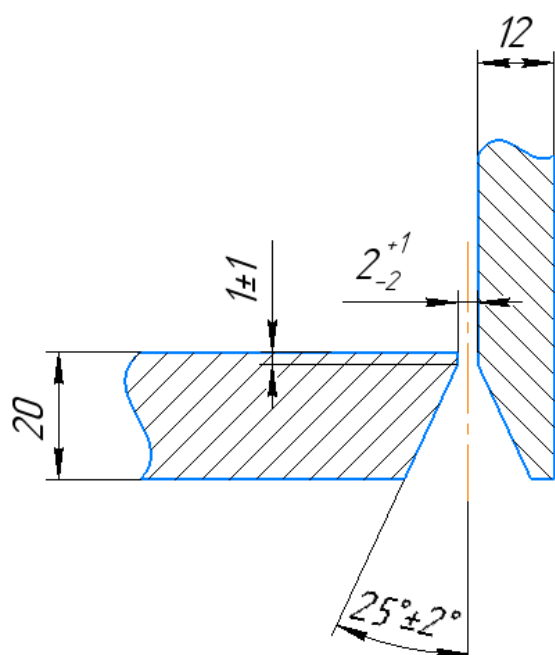


Рисунок 7 – Подготовка кромок свариваемых деталей тип сварного соединения У10 по ГОСТ 5264-80

6.2.2 Геометрические размеры сварного шва

Геометрические размеры сварного шва У10 по ГОСТ 5264-80 представлены на рисунке 8.

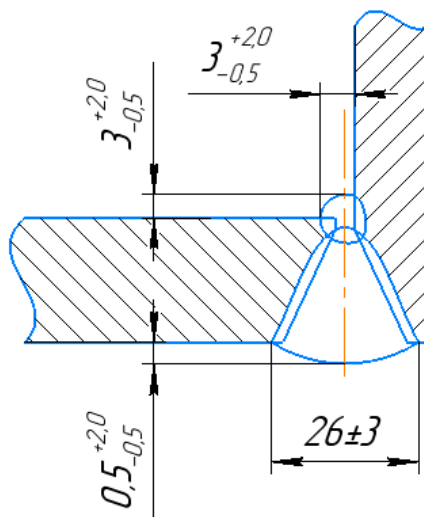


Рисунок 8 – Геометрические размеры сварного шва тип сварного соединения У10 по ГОСТ 5264-80

6.2.3 Число проходов

Разобьем площадь поперечного сечения сварного шва на четыре участка, приведенных на рисунке 9.

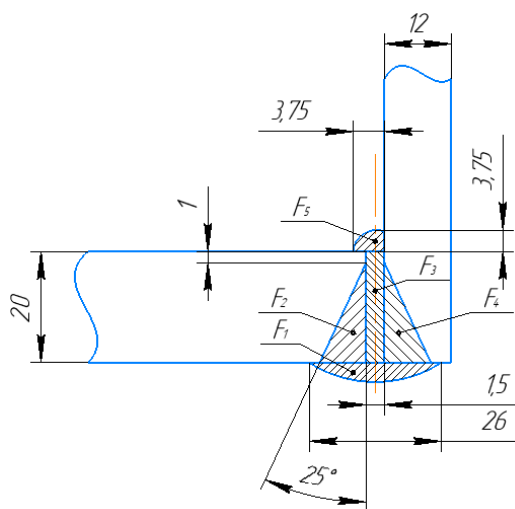


Рисунок 9 – Расчет площади поперечного сечения наплавленного металла

По рисунку 9 площадь $F_2 = F_4$, общую площадь наплавленного металла найдем по формуле (26):

$$F_H = 0,75 \cdot 26 \cdot 1,25 + 2 \cdot \left(\frac{1}{2} 19^2 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ) \right) + 1,5 \cdot 20 + 0,3 \cdot 3,14 \cdot 3,75^2 = \\ = 235,96 \text{ мм}^2$$

Общая площадь поперечного сечения наплавленного и проплавленного металла по формуле:

$$F = 474,5 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{пр}} = 474,5 - 235,96 = 238,54 \text{ мм}^2$$

Площадь наплавленного металла для первого прохода будет равна:

$$F_1 = 18 \text{ мм}^2$$

Для последующих:

$$F_{\text{II}} = 24 \text{ мм}^2$$

Число проходов:

$$n = \frac{235,96 - 18}{24} + 1 = 10$$

Таким образом, сварку можно будет осуществить минимум за 10 проходов.

6.2.4 Прочие расчеты

Первые восемь проходов будут производиться электродами диаметром 3 мм, последующие 2 прохода – электродами диаметром 4 мм. Сила сварочного тока при этом будет аналогичной рассчитанной силе тока в пункте 6.1.4 настоящего документа, а именно:

$$I_{\text{св}} = 90 \dots 130 \text{ А} - \text{для } d_э = 3 \text{ мм}$$

$$I_{\text{св}} = 125 \dots 180 \text{ А} - \text{для } d_э = 4 \text{ мм}$$

Оставшиеся параметры расчета режимов сварки, такие как: напряжение на дуге, скорость сварки, скорость сварки, погонная энергия и глубина проплавления будут те же, что и при расчете соединения обечайка-днище

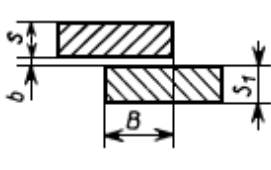
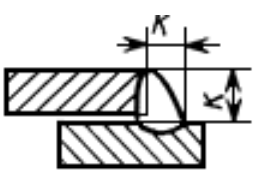
(крышка), так как диаметр электрода, сила тока и площадь наплавленного металла за один проход остались прежними, а разделка кромок для данного углового соединения подобна разделке кромок на стыковое сварное соединение рассчитанное в предыдущем пункте настоящего документа.

6.3 Соединение обечайка-опора

6.3.1 Разделка кромок

Для приварки опор к телу обечайки потребуется выбрать тип нахлесточного сварного соединения, при котором сварка будет осуществляться только с одной стороны кромки сверху лежащего листа, так как с обратной стороны доступа для сварки не будет. Для заданных условий может подойти сварное соединение Н1 по ГОСТ 5264-80, конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва представлены в таблице 10 [15].

Таблица 10 – Конструктивные размеры разделки кромок и сварного шва для сварного соединения Н1 по ГОСТ 5264-80.

Конструктивные элементы		s, мм	В, мм	b, мм	
Подготовленных кромок свариваемых деталей	Сварного шва			Номин.	Пред. откл.
		Свыше 5 до 10	8-40	0	+1,5

При этом из-за конструктивных особенностей, значение В будет равняться всей длине поверхности опоры. Катет шва по ГОСТ 5264-80 устанавливается при проектировании, примем значение катета равным 7 мм с предельными отклонениями +2,0 и -1,0 при толщине стенки равной 20 мм более толстого из свариваемых материалов. На рисунке 10 отображена требуемая разделка кромок:

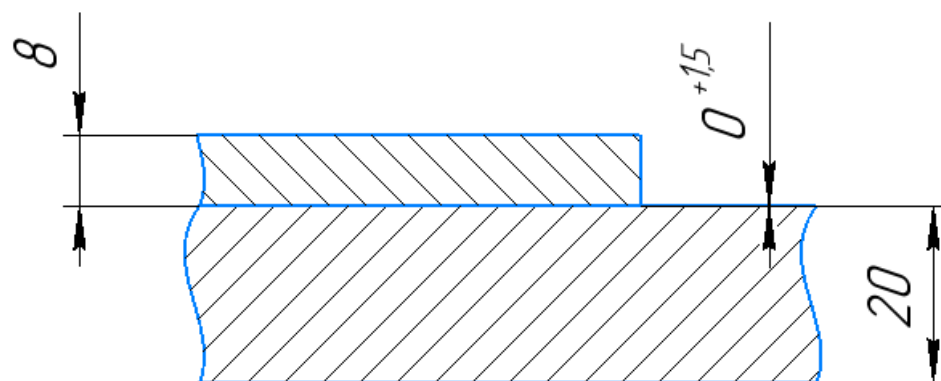


Рисунок 10 – Подготовка кромок свариваемых деталей для типа сварного соединения Н1 по ГОСТ 5264-80

6.3.2 Геометрические размеры сварного шва

Геометрические размеры нахлесточного сварного соединения Н1 по ГОСТ 5264-80 представлены на рисунке 11:

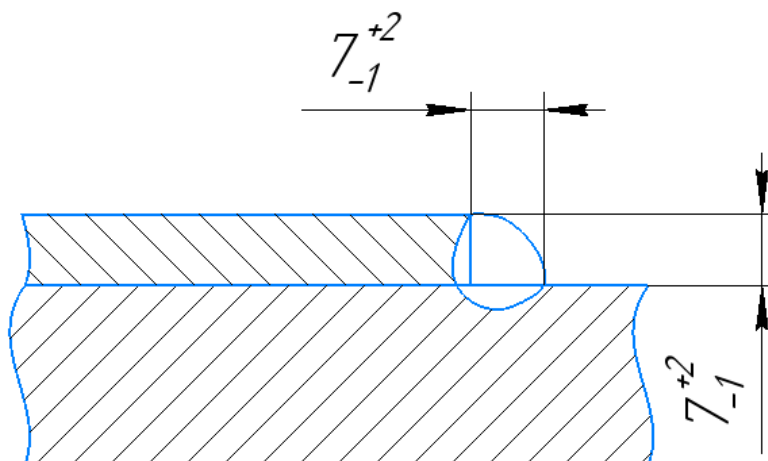


Рисунок 11 – Геометрические размеры нахлесточного сварного соединения Н1 по ГОСТ 5264-80

6.3.3 Число проходов

Посчитаем площадь наплавленного металла для нахлесточного сварного соединения, как четверть площади окружности радиусом 8 мм, изображённую на рисунке 12.

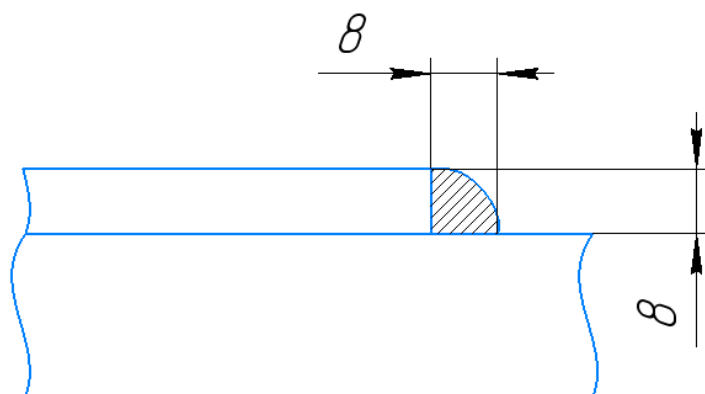


Рисунок 12 – Расчет площадь поперечного сечения наплавленного металла нахлесточного сварного шва

$$F_H = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 50,24 \text{ мм}^2$$

Так как сварка обечайки с опорой не столь ответственна, как сварка деталей самого нефтегазового сепаратора, которые будут работать под давлением, произведем сварку первого прохода электродом диаметром 3 мм, а второго прохода электродом диаметром 4 мм, для наибольшей производительности, ввиду меньшей ответственности сварного соединения:

$$F_1 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ мм}^2$$

А сварку второго прохода:

$$F_2 = 8 \cdot 4 = 32 \text{ мм}^2$$

Таким образом, число проходов будет равно:

$$n = \frac{50,24 - 18}{32} + 1 = 2$$

6.3.4 Прочие расчеты

Расчет силы сварочного тока и напряжения дуги останутся прежними (см. пункт 6.1.4, 6.1.5 настоящего документа), а скорость сварки, погонная энергия и глубина проплавления для электрода диаметром 4 мм изменятся, так как изменилась площадь наплавленного металла за проход, рассчитаем новые значения, по использованным ранее формулам:

$$V_{CB} = \frac{9,5 \cdot (125 \dots 180)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,32} = 0,16 \pm 0,03 \text{ см/с}$$

Тогда погонная энергия будет равна:

$$q_n = \frac{150 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,16} = 19500 \text{ Дж/см}$$

А глубина проплавления:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{19500} = 0,78 \text{ см} = 7,8 \text{ мм}$$

6.4 Расход сварочных материалов

Расчет расхода сварочным материалов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами осуществляется по формуле (37):

$$G_э = G_н \cdot (1,6 \dots 1,8), \quad (37)$$

где $G_э$ – масса электродов, г;

$G_н$ – масса наплавленного металла, г.

Массу наплавленного металла можно найти по формуле (38):

$$G_н = \rho \cdot F_н \cdot l_ш, \quad (38)$$

где ρ – плотность металла шва, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$;

$F_н$ – площадь наплавленного металла см^2 ;

$l_ш$ – длина сварного шва, см.

Длину всех сварных швов можно найти сложив значение получившиеся по формуле πD (длина окружности), зная диаметры всех патрубков и обечайки и, что все сварные соединения кроме приварки опоры, являются кольцевыми.

Рассчитаем длину всех швов:

$$l_{ш} = 8916 \text{ мм (два сварных два обечайки с днищем и крышкой)}$$

$$l_{ш} = 1183 \text{ мм (сварной шов патрубка диаметром 377 мм с обечайкой)}$$

$$l_{ш} = 1020 \text{ мм (сварной шов патрубка диаметром 325 мм с обечайкой)}$$

$$l_{ш} = 687 \text{ мм (сварной шов патрубка диаметром 219 мм с обечайкой)}$$

$$l_{ш} = 499 \text{ мм (сварной шов патрубка диаметром 159 мм с обечайкой)}$$

$$l_{ш} = 1664 \text{ мм (сварной шов люка диаметром 530 мм с обечайкой)}$$

$$l_{ш} = 1000 \text{ мм (примерное значение длины сварного шва опоры с}$$

обечайкой)

Тогда рассчитаем массу наплавленного металла для каждого шва:

$$G_H = 7,8 \cdot 1,4886 \cdot 891,6 = 10352 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 2,3596 \cdot 118,3 = 2177 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 2,3596 \cdot 102 = 1877 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 2,3596 \cdot 68,7 = 1264 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 2,3596 \cdot 49,9 = 918 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 2,3596 \cdot 166,4 = 3063 \text{ г}$$

$$G_H = 7,8 \cdot 0,5024 \cdot 100 = 392 \text{ г}$$

Тогда масса израсходованных электродов будет равна:

$$G_э = G_H \cdot 1,7 = 10352 \cdot 1,7 = 17598 \text{ г}$$

$$G_э = 2177 \cdot 1,7 = 3701 \text{ г}$$

$$G_э = 1877 \cdot 1,7 = 3191 \text{ г}$$

$$G_э = 1264 \cdot 1,7 = 2149 \text{ г}$$

$$G_э = 918 \cdot 1,7 = 1561 \text{ г}$$

$$G_э = 3063 \cdot 1,7 = 5207 \text{ г}$$

$$G_э = 392 \cdot 1,7 = 666 \text{ г}$$

Таким образом, $\sum G_э = 34073 \text{ г}$, зная что масса одной пачки электродов УОНИИ 13/45 диаметром 3 мм равняется 4,5 кг, а масса электродов той же марки диаметром 4 мм – 6 кг, можно судить о том, что для сварки понадобится 7 пачек электродов, диаметром 3 мм и 1 пачка электродов диаметром 4 мм.

6.5 Сводная таблица по результатам расчета режимов сварки

Результаты расчетов для стыкового сварного соединения С24 приведены в таблице 11:

Таблица 11 – Результаты расчетов параметров режимом сварки для С24

№ прохода	Слой шва	$d_э$, мм	$F_п$, мм ²	$I_{св}$, А	$U_д$, В	Род тока	Полярность тока
1	подварочный	3	18	От	От 23 до 25	постоянный	обратная
2	корневой			90 до 110			
3	заполняющий	3	24	От	От 23 до 25		
4				110 до 130			
5							
6							
7	облицовочный	4	32	От	От 25 до 27		
8				125 до 180			

где $d_э$ – диаметр электрода;

$F_п$ – площадь наплавленного металла в поперечном сечении шва, выполняемого за один проход;

$I_{св}$ – сила сварочного тока;

$U_д$ – напряжение дуги.

Результаты расчетов углового соединения У10 представлены в таблице 12:

Таблица 12 – Результаты расчетов параметров режимом сварки для У10

№ прохода	Слой шва	$d_э$, мм	$F_п$, мм ²	$I_{св}$, А	$U_д$, В	Род тока	Полярность тока
1	подварочный	3	18	От	От 24 до 26	постоянный	обратная
2	корневой			90 до 120			
3	заполняющий	3	24	От			
4				110 до 130			
5							

Продолжение таблицы 12

6	заполняющий	3	24	От	От 24	постоянный	обратная
7				110	до 26		
8				до 130			
9	облицовочный	4	32	От	От 25		
10				125	до 27		
				до 180			

Результаты расчетов для нахлесточного сварного соединения Н1 представлены в таблице 13:

Таблица 13 – Результаты расчетов параметров режимом сварки для Н1

№ прохода	Слой шва	$d_э$, мм	$F_п$, мм ²	$I_{св}$, А	$U_д$, В	Род тока	Полярность тока
1	корневой	3	18	От 90 до 130	От 24 до 26	постоянный	обратная
2	облицовочный	4	32	От 125 до 180	От 25 до 27		

Обозначим так же зависимость силы сварочного тока и напряжения дуги от положения сварки в таблице 14.

Таблица 14 – Зависимость силы сварочного тока и напряжения дуги от положения при сварке.

Слой шва	$d_э$, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А		
		нижнее	вертикальное	потолочное
подварка корня	3	От 90 до 120	От 90 до 110	От 80 до 110
корневой	3	От 90 до 120	От 90 до 110	От 80 до 110
заполняющий	3	От 110 до 130	От 90 до 110	От 80 до 110
облицовочный	4	От 125 до 180	От 110 до 170	От 110 до 150

По рассчитанным режимам сварки можно приступать к выбору сварочного оборудования и написанию технологии ручной дуговой сварки покрытыми электродами нефтегазового сепаратора.

7 Сварочное оборудование

Для сварки в условиях низких температур при рассчитанных режимах хорошо подойдет сварочный аппарат инверторного типа Lincoln electric invertec 270-SX. Данный аппарат широко распространен среди подрядных организаций, а так как производство нефтяного сепаратора по разработанной технологии будут производить подрядчики, то незачем искать альтернативы, ведь этот инвертор подходит под рассчитанные режимы сварки и довольно таки надежен при сварке в полевых условиях и в условиях низких температур. Основные технические характеристики сварочного аппарата Lincoln electric invertec 270-SX представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики сварочного аппарата Lincoln electric invertec 270-SX

Тип аппарата	Инвертор
Напряжение питающей сети, В	380
Диапазон регулировки сварочного тока, А	5 – 270
Диаметр электрода, мм	До 5
Диапазон изменения частоты сети, Гц	50 – 60
Номинальный ток, А при ПВ = 35%	270
Номинальный ток, А при ПВ = 100%	200
Номинальная мощность, кВт	5
Напряжение холостого хода, В	12
Габаритные размеры ВхШхД, мм	389х247х489
Температура хранения, °С	От -25 до +55
Диапазон рабочих температур, °С	От -10 до +40
Масса, кг	22

8 Технология сборки и сварки

По рассчитанным режимам сварки, эскизу нефтегазового сепаратора (приложение А), выбранному сварочному оборудованию и материалам можно разработать технологию сборки и сварки нефтегазового сепаратора в полевых условиях.

Технология сборки и сварки нефтегазового сепаратора была разработана в виде комплекта технологической документации, состоящего из карт эскизов (приложение А) и операционных карт (приложение Б) на процесс сборки и сварки таких комплектующих нефтегазового сепаратора, как: обечайка + днище, обечайка + патрубок, обечайка + опоры.

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

9.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы определить потенциальных потребителей данной технологии сварки необходимо изучить целевой рынок, а также провести его сегментирование. Основным продуктом, получаемым в ходе данного исследования, является нефтегазовый сепаратор, который используется в химической и нефтехимической промышленности. В целевой рынок входят, как коммерческие, так и государственные организации отраслей нефтепереработки и нефте-газодобычи. Производим сегментирование рынка для реализации технологического процесса сварки нефтегазового сепаратора по критериям: сферы использования и классификации организаций (таблица 16).

Таблица 16 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Нефтепереработка	Нефтедобыча	Газодобыча
Классификация организаций	Частные мелкие	-	-	-
	Частные крупные	-	+	+
	Государственные	+	+	+

Проанализировав сегментирование рынка, можно сделать вывод, что реализация продукции по разработанной технологии подойдет в большей степени для государственных организаций и частично для крупных частных предприятий.

9.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности разработки и определить направление для его будущего повышения (таблица 17). Сварку нефтегазовых сепараторов обычно производят с помощью механизированных способов сварки, таких как: механизированная дуговая сварка самозащитной порошковой проволокой или же механизированная дуговая сварка под флюсом.

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1} -	Б _{к2} -	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Качество сварного соединения, включая прочностные характеристики металла шва и величину проплавления	0,3	5	3	2	1,5	0,9	0,6
Производительность труда	0,2	1	2	2	0,2	0,4	0,4
Сварка основных видов сварных соединений (стыковые, угловые, нахлесточные, тавровые)	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3
Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
Итого	1	20	13	15	4,1	2,9	2,7

где Б_ф – ручная дуговая сварка покрытым электродом;

Б_{к1} – механизированная дуговая сварка под флюсом;

Б_{к2} – механизированная дуговая сварка самозащитной проволокой;

К_ф, К_{к1}, К_{к2} – конкурентоспособность разработки для соответствующих способов сварки.

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентоспособности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

По таблице 17 видно, что ручная дуговая сварка покрытыми электродами может конкурировать с механизированной дуговой сваркой под флюсом и механизированной дуговой сваркой самозащитной проволокой.

9.1.3 SWOT – анализ

SWOT – анализ позволяет рассмотреть и выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы технологического процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами нефтегазового сепаратора. На основании анализа делаются выводы: какие риски нужно предусмотреть, что следует делать и каковы перспективы технологии (таблица 18).

SWOT – анализ учитывает следующие характеристики:

S – сильные стороны;

W – слабые стороны;

O – возможности;

T – угрозы.

Таблица 18 – Матрица SWOT анализа

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<ul style="list-style-type: none"> — Актуальность проекта; — Широкая область применения; — Отсутствие конкуренции на рынке при внедрении данной технологии; — Низкая цена проекта в совокупности с высоким качеством выпускаемой продукции 	<ul style="list-style-type: none"> — Внедрение на предприятие новой технологии; — Высокие требования к квалификации сварщика

Продолжение таблицы 18

<p>Возможности</p> <p>— Получение качественных сварных соединений;</p> <p>— Осуществление сварки в полевых условиях, в неблагоприятных природных условиях;</p> <p>— Возможность сварки основных видов сварных соединений (стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные);</p>	<p>— Обеспечить увеличение объема продаж за счет получения качественного выпускного продукта с увеличенным сроком эксплуатации.</p> <p>— Выход на новые рынки или сегменты рынка за счет отсутствия конкуренции.</p>	<p>— Добиться хорошего расположения перед крупными предприятиями путем презентации данной технологии.</p> <p>— Заключить договор о сотрудничестве.</p>
<p>Угрозы</p> <p>— Появление новых технологий;</p> <p>— Риск отказа предприятия вводить данную технологию в производство;</p> <p>— Введение дополнительных государственных требований к аттестации персонала на данную технологию.</p>	<p>— Производить анализ новых технологий на рынке и совершенствовать свою технологию, чтобы она оставалась востребованной.</p>	<p>— При долговременном сотрудничестве с предприятиями с потребителями ввести бонусную программу, что позволит привлечь большое количество потребителей и достаточно быстро окупиться проекту.</p>

В результате проведения SWOT – анализа были выявлены основные проблемы, с которыми может столкнуться разработанная технология сварки, а также были выявлены способы решения:

- Производить анализ новых технологий на рынке и совершенствовать свою технологию, чтобы она оставалась востребованной;
- При долговременном сотрудничестве предприятия с потребителями ввести бонусную программу, что позволит привлечь большое количество потребителей и достаточно быстро окупиться проекту;
- Добиться хорошего расположения перед крупными предприятиями путем презентации данной технологии. Заключить договор о сотрудничестве;
- Обеспечить увеличение объема продаж за счет получения качественного выпускного продукта с увеличенным сроком эксплуатации.

9.2 Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок

9.2.1 Структура работ в рамках научно-технического исследования

Для выполнения научно-технической работы требуется спланировать все этапы данной работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также установить временные рамки выполнения каждого из этапов (таблица 19).

Таблица 19 – Перечень работ и распределение исполнителей

№ п/п	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Иванов С.В.
2	Выбор и утверждение темы магистерской диссертации	Иванов С.В. Гордынец А.С.
3	Составление календарного плана–графика работы	Иванов С.В. Гордынец А.С.
4	Литературный обзор	Иванов С.В.

Продолжение таблицы 19

5	Изучение основного материала конструкции	Иванов С.В.
6	Обоснование выбора способа сварки	Иванов С.В.
7	Выбор сварочных материалов	Иванов С.В.
8	Расчет нефтегазового сепаратора и режимов сварки	Иванов С.В.
9	Подбор и изучение сварочного оборудования	Иванов С.В.
10	Написание технологии сборки и сварки	Иванов С.В.
11	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Иванов С.В. Гордынец А.С.
12	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Иванов С.В.
13	Подведение итогов, оформление работы	Иванов С.В.

В таблице 19 приведены ФИО студента – Иванов С.В., научного руководителя – Гордынец А.С., и распределение обязанностей между данными лицами.

9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научно-технического исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (39)$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн..

Определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельное выполнение работы несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (40)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

9.2.3 Разработка графика проведения научно-технической работы

Для наглядности, график проведения научно-технических работ будет представлен на диаграмме Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (41)$$

где T_{ki} – продолжительной выполнения i -ой работы в календарных днях;

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (42)$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365-104-14} = 1,47 \quad (43)$$

Все полученные значения заносим в таблицу 20.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научно-технического исследования

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работы, чел-дни			Длительность работы, дни	
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	T _p	T _k
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Иванов С.В.	2	3	2,4	2	3
Выбор и утверждение темы бакалаврской работы	Иванов С.В.	2	3	2,4	1	1
	Гордынец А.С.	2	3	2,4	1	1
Составление календарного плана–графика работы	Иванов С.В.	4	5	4,4	2	3
	Гордынец А.С.	4	5	4,4	2	3
Литературный обзор	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Изучение основного материала конструкции	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Обоснование выбора способа сварки	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Выбор сварочных материалов	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Расчет нефтегазового сепаратора и режимов сварки	Иванов С.В.	7	10	8,2	8	12
Подбор и изучение сварочного оборудования	Иванов С.В.	5	7	5,8	6	9
Написание технологии сборки и сварки	Иванов С.В.	10	15	12	12	18

Продолжение таблицы 20

Анализ результатов и проверка научным руководителем	Иванов С.В.	2	3	2,4	1	1
	Гордынец А.С.	2	3	2,4	1	1
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Иванов С.В.	10	15	12	12	18
Подведение итогов, оформление работы	Иванов С.В.	10	15	12	12	18
Итого	Гордынец А.С.	5 дней				
	Иванов С.В.	124 дня				

По данным таблицы 20 составлена диаграмма Ганта (рисунок 13).

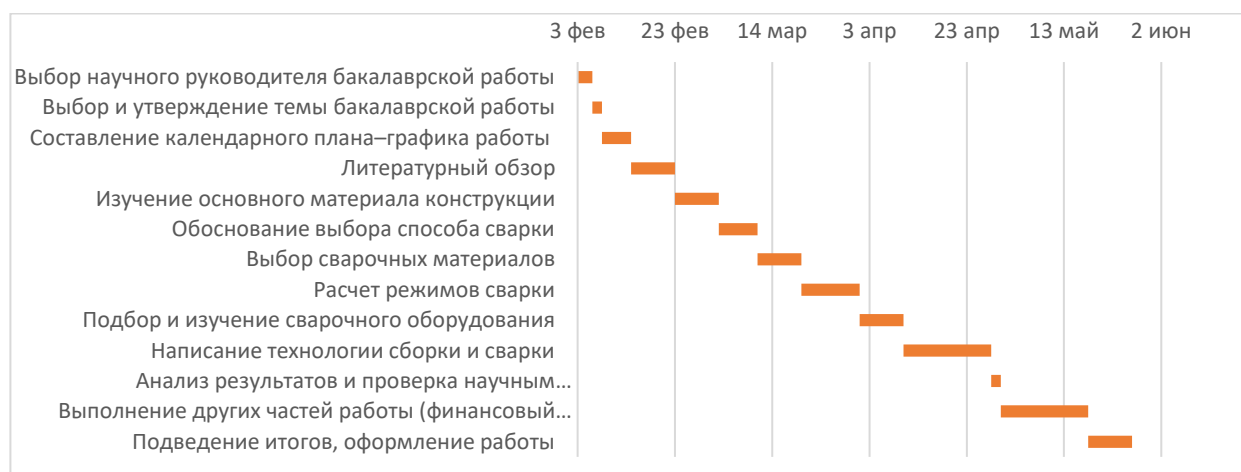


Рисунок 13 – Диаграмма Ганта

Таким образом, по данной диаграмме Ганта можно отследить продолжительность каждого из этапов выпускной квалификационной работы.

9.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением, что позволяет

оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. Рассмотрим следующие статьи расходов:

- Материальные затраты;
- Амортизационные отчисления;
- Заработная плата исполнителей;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Накладные расходы.

9.2.5 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассчитаем стоимость всех материальных ценностей, которые требуются для осуществления технологии, написанной в результате НТИ. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы, которые составляют от 5 до 20% от общей цены материалов. Материальные затраты на НТИ представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Материальные затраты на НТИ

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Электроды УОНИИ 13/45 диаметром 3 мм, в упаковке 4,5 кг	Шт.	1600	1	1600
Электроды УОНИИ 13/45 диаметром 4 мм, в упаковке 5,9 кг	Шт.	1800	1	1800
Обечайка бесшовная 09Г2С 530x12 (3 м)	Шт.	45000	1	45000

Продолжение таблицы 21

Обечайка бесшовная 09Г2С 377х12 (3 м)	Шт.	40000	1	40000
Обечайка бесшовная 09Г2С 325х12 (3 м)	Шт.	35000	1	35000
Обечайка бесшовная 09Г2С 219х12 (3 м)	Шт.	25000	1	25000
Обечайка бесшовная 09Г2С 159х12 (3 м)	Шт.	15000	1	15000
Обечайка электросварная прямошовная 09Г2С 1420х20 (6 м)	Шт.	265000	1	265000
Днище эллиптическое 09Г2С 1420х20	Шт.	39000	2	78000
Итого				506400
Итого с учетом транспортно-заготовительных расходов (10%)				557040

Таким образом, материальные затраты для осуществления НТИ составляют 557040 рублей.

9.2.6 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления включают в себя денежные средства,

предназначенные для возмещения износа оборудования. По плану на написание выпускной квалификационной работы студенту отводится 5 месяцев. Для написания работы, а также воспроизведения процесса сварки по написанной технологии понадобятся:

- Персональный компьютер, первоначальная стоимость которого составляла 55000 рублей. Срок полезного использования от 3 до 4 лет;
- Сварочный аппарат Lincoln invertec 270 SX, стоимость которого 100000 рублей. Срок полезного использования от 10 до 12 лет;

Для определения амортизационных отчислений, требуется сначала рассчитать норму амортизации. Норма амортизации рассчитывается по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (44)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования для сварочного аппарата Lincoln invertec 270 SX – 12 лет, а для компьютера равным 4 годам, то нормы амортизации, при подсчете по формуле (35) будут равны 8% для сварочного аппарата, 25% для компьютера.

Рассчитываем годовые амортизационные отчисления для используемого оборудования:

$$A_{\text{Год (сварочный автомат)}} = 100000 \cdot 0,08 = 8000 \text{ рублей};$$

$$A_{\text{Год (компьютер)}} = 55000 \cdot 0,25 = 13750 \text{ рублей};$$

Тогда ежемесячные амортизационные отчисления составят 667 рублей для сварочного аппарата и 1146 рублей для компьютера.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалификационной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на количество месяцев, отведенных на написание работы. Полученные результаты вычислений представлены в таблице 22.

При приобретении оборудования требуется также учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 22 – Расчет амортизационных отчислений для оборудования, применяемого в научно-технической работе

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления за период выполнения ВКР руб.	Общая стоимость оборудования с учетом амортизационных отчислений, руб.
Компьютер	1	55	25	5730	60730
Сварочный аппарат Lincoln	1	100	8	3335	103335
Итого					164065

Таким образом, если приобрести все необходимое для реализации выпускной квалификационной работы оборудование, то общая сумма затрат на оборудование, доставку, монтаж и амортизационные отчисления составит 164065 рублей.

9.2.7 Расчет заработной платы исполнителей

Целью данного пункта является расчет заработной платы всех лиц, участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Полная заработная плата работника определяется по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (45)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата работника, руб.;

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (46)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником.

Среднедневная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{T}, \quad (47)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

T – количество рабочих дней в месяце. $T = 26$ дней при шестидневной рабочей неделе для руководителя и $T = 21$ при пятидневной рабочей неделе для инженера.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{\text{ок}} \cdot k_p, \quad (48)$$

где $Z_{\text{ок}}$ – размер оклада, руб.;

k_p – районный коэффициент, для города Томска $k_p = 1,3$.

Результаты расчета основной заработной платы при тарифной ставке $Z_{\text{ок}} = 35111$ рублей – для руководителя в должности доцент (степень – кандидат технических наук) и $Z_{\text{ок}} = 22695$ рублей для инженера приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	Трудоемкость выполнения работы T_p , дни	Размер оклада $Z_{\text{ок}}$, руб/мес	Месячный должностной оклад Z_m , руб. с учетом районного коэффициента-1,3	Среднедневная заработная плата $Z_{\text{дн}}$, руб.	Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель (доцент, к.т.н.)	5	35111	45644	1756	8780
Инженер	124	22695	29504	1405	174220
Итого					183000

Дополнительная заработная плата (премиальная выплата) рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы работников, участвующих в данной работе. Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (49)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата работника, в руб.;

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

Коэффициент дополнительной заработной платы $k_{\text{доп}} = 0,12$ – для инженера и руководителя.

Результаты расчета полной заработной платы приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты расчета полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной зарплаты, $k_{\text{доп}}$	Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$, руб.	Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$, руб.	Полная заработная плата $Z_{\text{зп}}$, руб.
Руководитель	0,12	8780	1053,6	9833,6
Инженер	0,12	174220	20906,4	195126,4
Итого		183000	21960	204960

В таблице 24 представлены затраты на основную и дополнительную заработную плату в размере 183000 рублей и 21960 рублей соответственно, а также полная заработная плата двум лицам, выполняющим данную работу, в размере 204960 рублей.

9.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды

Рассмотрим обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФР) и обязательного медицинского страхования (ФФОМС) из затрат на оплату труда работников. Размер отчислений в фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (50)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (ПФР, ФСС, ФФОМС).

В соответствии с п.2 ст.425 ч.2 «Налогового кодекса Российской Федерации» тариф страховых взносов составляет 30%, из которых 22% – пенсионный фонд, 2,9% – социальное страхование и 5,1% – обязательное медицинское страхование.

Результаты расчета страховых взносов представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Результаты расчета страховых взносов.

Исполнители	Полная заработная плата, руб.	Отчисления в ПФР, руб.	Отчисления в ФСС, руб.	Отчисления в ФФОМС, руб.	Общая сумма отчислений, руб.
Руководитель	9833,6	2163,4	285,2	501,5	2950,1
Инженер	195126,4	42927,8	5658,7	9951,4	58537,9
Итого	204960	45091,2	5943,9	10452,9	61488

По итогам таблицы 25 можно сделать вывод, что сумма страховых отчислений во внебюджетные фонды за руководителя составит 2950,1 рублей, а за инженера 58537,9 рублей.

9.2.9 Расчет накладных расходов

К накладным расходам относят дополнительные затраты, не относящиеся на прямую к основной работе, не входящие в оплату труда работников и в стоимость материальных затрат. Накладные расходы составляют 16% от суммы основной и дополнительной заработной платы работников. Таким образом, накладные расходы рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (51)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, $k_{\text{накл}} = 0,16$.

Результаты расчета накладных расходов представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Результаты расчета накладных расходов

Исполнители	Коэффициент накладных расходов $k_{\text{накл}}$	Полная заработная плата, руб.	Накладные расходы $Z_{\text{накл}}$, руб.
Руководитель	0,16	9833,6	1573,4
Инженер		195126,4	31220,2
Итого		204960	32793,6

Таким образом, общая сумма накладных расходов составила 32793,6 рублей.

9.2.10 Формирование сметы на научно-техническую работу

Все расчёты, которые были проведены в данном разделе отражают количество затрат, необходимых для проведения НТИ. Все рассчитанные показатели затрат отражены в таблице 27.

Таблица 27 – Смета научно-технического исследования

№	Наименование затраты	Сумма, руб.	Удельный вес затрат, %
1	Материальные затраты	577040	55,5
2	Амортизационные отчисления	164065	15,8
3	Затраты на заработную плату	204960	19,7
4	Отчисления во внебюджетные фонды	61488	5,9
5	Накладные расходы	32793,6	3,1
Итого		1040346,6	100

Общая сумма затрат на реализацию проекта составляет 1064956,4 рублей. В эту сумму включены все затраты на оборудование, амортизационные отчисления, материальные затраты, затраты на заработную плату, отчисления во

внебюджетные фонды и накладные расходы.

9.3 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

Для определения эффективности необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Его нахождение основано на определении двух величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (52)$$

где Φ_{pi} – стоимость i -ого варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-технической работы.

Так как данный проект является только научно-технической разработкой, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (53)$$

где a_i – весовой коэффициент i -ого варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -ого варианта исполнения разработки.

Произведем сравнительную оценку вариантов исполнения проекта (таблица 28). Сравнение будет проводиться с технологиями изготовления нефтегазового сепаратора механизированной дуговой сваркой под флюсом – исполнительный проект 2 и механизированной дуговой сваркой самозащитной проволокой – исполнительный проект 3.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик других вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
Сложность технологии	0,2	4	4	4
Качество	0,3	5	4	3
Удобство в эксплуатации	0,2	5	2	4
Срок службы	0,3	5	4	3
Итого	1			

Результаты расчета сравнительной эффективности разработки по формуле (44) представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	Текущий проект	Исполнительный проект 2	Исполнительный проект 3
	4,8	3,6	3,4

По результатам расчетов видно, что текущий проект превосходит возможные аналоги технологий, производимых другими способами сварки по интегральному показателю ресурсоэффективности.

9.4 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе написания данного раздела были определены потенциальные потребители результатов исследования, которыми оказались крупные предприятия. Было выявлено, что технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами нефтегазового сепаратора, обладает высокой

конкурентоспособностью в сравнении с такими способами сварки как: механизированная дуговая сварка под флюсом и механизированная дуговая сварка самозащитной проволокой. В результате проведения SWOT – анализа были выявлены и рассмотрены сильные и слабые стороны, возможности и угрозы технологического процесса ручной дуговой сварки покрытым электродом нефтегазового сепаратора.

В данном разделе также была определена трудоемкость выполнения работ, разработан график проведения научно-технической работы и построена диаграмма Ганта. После чего был рассчитан бюджет НИИ, в котором были рассмотрены материальные затраты, стоимость оборудования с амортизационными отчислениями, затраты на заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Была определена общая сумма затрат на реализацию данного проекта, смета составила 1040346,6 рублей.

С точки зрения ресурсоэффективности было выявлено, что данный проект является более перспективным, чем возможные аналогичные проекты с технологиями, выполняемыми другими способами сварки.

10 Социальная ответственность

Введение

В настоящее время сварка занимает огромную долю в нефтегазовой промышленности. Каждый аппарат, используемый при нефтепереработке, линейные части магистральных нефтегазопроводов, установки переработки нефти, компрессорные станции и прочие сооружения производятся с помощью того или иного способа сварки.

Целью магистерской диссертации – является разработка технологии для производства нефтегазового сепаратора. Потенциальными потребителями данной технологии дуговой сварки могут выступать промышленные предприятия, занимающиеся нефтедобычей или нефтепереработкой. Объектом исследования является технология изготовления нефтегазового сепаратора. Рабочим местом является отдельное помещение.

Целью раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду при разработке технологии сварки нефтегазового сепаратора, а также разработка охранных мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия на здоровье людей. Также в главе рассматриваются: создание безопасных условий труда в соответствии с санитарно–гигиеническими нормами, варианты действий в случае чрезвычайных ситуаций, а также предпринимаемые меры для охраны окружающей среды.

Порядок работы и организация должны соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности. Данной тематике посвящены следующие главы.

10.1 Анализ выявленных вредных факторов

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности [16]. При анализе рабочего места были выявлены следующие вредные производственные факторы:

- нарушение уровня микроклимата в помещении;
- освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- превышение уровней шума;
- ультразвук (при использовании УЗ дефектоскопа).

10.1.1 Микроклимат в помещении

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах ГОСТ Р 2.2.2006-05 [17].

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны отвечать ГОСТ 12.1.005-88 [18].

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой, должны соблюдаться определенные допустимые параметры микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [18]. Эти параметры устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и производственного помещения, покажем наглядно допустимые значения микроклимата в таблице 30.

Работа за компьютером относится к категории работ I_a с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [18].

Таблица 30 – Допустимые параметры микроклимата [18].

Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %
15-28	≤0,5	20-80

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6м², в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5м² по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19]. В нашем случае кабинет имеет размеры 6х7х3,5 м, в таком случае общая площадь нашего рабочего помещения 42м², объём составляет 147м³.

Теперь последовательно рассмотрим в качестве параметров микроклимата: температуру, влажность и скорость ветра.

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей температуры в холодное время года применяется водяное отопление (с нагревом воды до 100°С), а в теплый период года для обеспечения защиты от попадания прямых солнечных лучей применяются жалюзи.

В кабинете вентиляция осуществляется естественным способом, посредством окна и форточки в частности, а также дверного проёма, по зоне действия её можно квалифицировать как общеобменную. Недостатком данной системы является отсутствие очистки и подогрева поступаемого в кабинет воздуха. По нормам, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объём воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м³[19]. В нашем случае объём воздуха на одного человека составляет 49м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

10.1.2 Освещенность рабочей зоны

Освещение крайне важно для любого человека, так как 90% информации об окружающем мире человек получает именно от зрительного аппарата. Поэтому соблюдение правильного количества света на рабочем месте — это ключевая задача для обеспечения необходимой работоспособности трудящегося.

Человек при работе в условиях недостаточного освещения или освещения низкого качества может испытывать: усталость глаз, переутомление, головные боли. Все эти факторы приводят к снижению работоспособности рабочего.

Наша лаборатория подходит по классификации согласно СП 52.13330.2016 под категорию периодического наблюдения за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении, таком случае, используя систему общего освещения, освещенность должна быть не менее 200лк [20].

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. Согласно СП 52.13330.2016, рабочее место инженера должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. Естественное освещение в нашем случае попадает в аудитории через большое окно в светлое время суток. Искусственное же освещение будет обеспечено лампами и светильниками, установленными по нижеуказанным следующим расчётам.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности будем выполнять методом коэффициента светового потока, который учитывает световой поток, отражённый от потолка и стен. При

работе с персональным компьютером в сочетании с нормативной работой и технической документацией согласно действующим нормам СП 52.13330.2016 [20] для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость, а для естественного и совмещенного определены коэффициенты естественной освещенности (КЕО).

Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м. Согласно СП 52.13330.2016 необходимо создать освещенность не ниже 200 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы. Коэффициент отражения стен с окнами без жалюзи $R_c = 50$ %, потолка $R_{п} = 70$ %. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с средним выделением пыли равен $K_z = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z=1,1$ [20].

Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

1. Площадь помещения

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 6 = 42 \text{ м}^2, \quad (54)$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

2. Лампа дневного света ЛД-40 дает световой поток равный ФЛД = 2600 лм.

3. Выбираем светильник типа ОДОР-2-40, так как наша лаборатория является нормальным помещением с хорошим отражением потолка и стен с умеренной влажностью и запылённостью, $\lambda = 1,4$. Светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40 имеют две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина 265 мм, высота 155мм. Принимаем высоту подвеса светильника от уровня потолка $h_c = 0,2$ м [21].

4. Рассчитаем высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью по формуле (55) [21]:

$$h = h_n - h_{pn}, \quad (55)$$

где h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

h_{pn} – высота рабочей поверхности над полом (0,8м);

h_n – высота светильника над полом, высота подвеса.

$$h_n = H - h_c, \quad (56)$$

где H – наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД (3,5м);

h_c – расстояние светильников от перекрытия, свес (0,2м).

Подставим известные значения в формулы и получим:

$$h_n = 3,5 - 0,2 = 3,3 \text{ м}$$

$$h = 3,3 - 0,8 = 2,5$$

Определим расстояние между рядами светильников, используя соотношение:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (57)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м}$$

Рассчитаем количество рядов светильников при заданной ширине помещения $A = 7$ м:

$$n = \frac{A}{L}, \quad (58)$$

$$n = \frac{7}{3,5} = 2$$

Получаем – 2 ряда.

Определим число светильников в одном ряду:

$$N_p = \frac{(B - 2l)}{l_{cb}}, \quad (59)$$

где l_{cb} – длина светильника, для светильника типа ОДОР-2-40- $l_{cb} = 1,23$ м

$$N_p = \frac{(6 - 2 \cdot 1,23)}{1,23} = 2,8$$

Округляем значение светильников в ряду до 3-ех.

Таким образом, общее количество светильников будет равно:

$$N_{св} = N_p \cdot n \quad (60)$$

$$N_{св} = 3 \cdot 2 = 6$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДОР-2-40 имеют две лампы мощностью 40 Вт каждая с габаритными размерами, 1227x265x155мм, при этом разрывы между светильниками в ряду составят (50...500) см. Изобразим в масштабе план помещения и разместим на нем 6 светильников (рис. 14). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении, то $N = 6 \cdot 2 = 12$.

Индекс помещения определяется по формуле (61):

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (61)$$

$$i = \frac{42}{2,5 \cdot (6 + 7)} = 1,29$$

Расчетным уравнением метода коэффициента использования светового потока является формула (62) [21]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (62)$$

где η – коэффициент использования светового потока для данной формулы $\eta = 0,52$;

E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк [20]

$$\Phi = \frac{200 \cdot 42 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,52} = 2665 \text{ лк}$$

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов. Делаем проверку выполнения условия [21]:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ст} - \Phi_{расч}}{\Phi_{ст}} \cdot 100\% \leq 20\% \quad (63)$$

Подставим значения, для определения мощности осветительной установки:

$$-10\% \leq \frac{2600 - 2665}{2600} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$-10\% \leq -2,5\% \leq 20\%$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

Потребляемая мощность осветительной установки составит:

$$P = N \cdot P_{\text{лампы}} \quad (64)$$

$$P = 12 \cdot 40 = 480 \text{ Вт}$$

Выбранная система освещения обеспечивает требуемую освещенность рабочего места, согласно проведенным расчетам.

Для схематического изображения размещения светильников необходимо рассчитать расстояние вдоль стен и от торца помещения:

$$L = N \cdot a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_1 \quad (65)$$

Соответственно расстояние между лампами от стены длиной 7 м L_1 , а от стены длиной 6 м L_2 . Согласно «Практикум БЖД 2009» равномерность освещения обеспечивается расстоянием от крайних светильников до стенок = $L/3$ [21].

Составим уравнение с 1 неизвестной:

$$6000 = L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 2 \cdot 265$$

$$7000 = 2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 1227$$

Преобразуем уравнения для нахождения L_1 и L_2 .

$$L_1 = \frac{6000 - 2 \cdot 265}{1 + 2/3} = 3282 \text{ мм}$$

$$L_2 = \frac{7000 - 3 \cdot 1227}{2 + 2/3} = 1244,6 \text{ мм} \approx 1245 \text{ мм}$$

Тогда расстояние от края стенок будет равно:

$$\frac{L_1}{3} = \frac{3282}{3} = 1094 \text{ мм}$$

$$\frac{L_2}{3} = \frac{1245}{3} = 415 \text{ мм}$$

Размещаем светильники в 2 ряда по 3 светильника. На рисунке 14 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

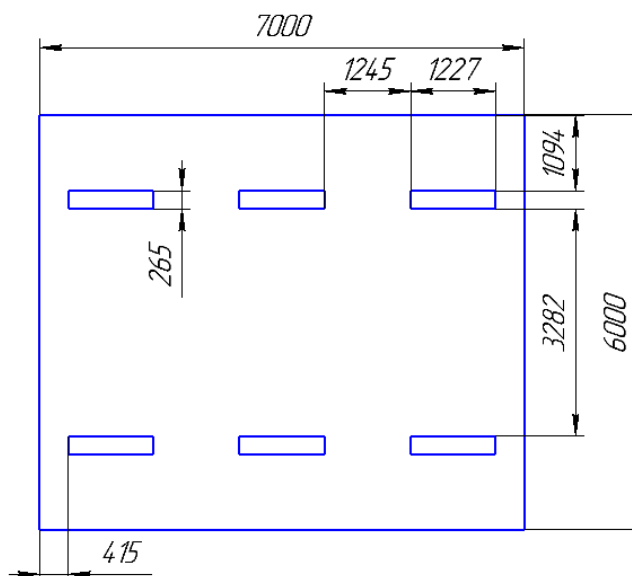


Рисунок 14 – План размещения светильников в кабинете

10.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Биологическое действие электромагнитного излучения зависит от длины волны, напряженности поля, длительности и режима воздействия.

Основными источниками электромагнитного излучения во время разработки проекта был дисплей ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать [19]:

- в диапазоне частот 5 Гц... 2 кГц – 25 В/м
- в диапазоне частот 2 кГц...400 кГц – 2,5 В/м

Плотность магнитного потока не должна превышать:

- в диапазоне частот 5 Гц...2 кГц – 250 нТл
- в диапазоне частот 2 кГц...400 кГц – 25 нТл

Электростатический потенциал экрана видеомонитора 500 В [19].

В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Lenovo IdeaPad 3 14ITL05 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В [19].

Так как при постоянном воздействии электромагнитного поля, возникают различного рода последствия для здоровья человека, предусмотрены предельно допустимые уровни облучения по ОСТ 54 30013-83 [22]:

- до 10 мкВт./см², время работы (8 часов);
- от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;
- от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии

использования защитных очков.

- для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

Средствами коллективной защиты:

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом

источнике излучения;

4. экранирование источника (с заземлением);
5. защита рабочего места от излучения;

Средствами индивидуальной защиты:

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

10.1.4 Превышение уровней шума

Шум является общебиологическим раздражителем и в некоторых условиях может оказывать влияние на системы организма человека. Шум на рабочем месте инженера-лаборанта возникает от работы: ПЭВМ, ламп дневного света, а также проникает снаружи.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

Основным источником шума в нашем кабинете являются компьютерные охлаждающие вентиляторы и шум поступающий извне. Уровень шума варьируется от 40 до 45 дБА. Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [23].

Шум от работы ПК можно понизить, используя малошумные вентиляторы охлаждения, либо водяное охлаждение системного блока

При значениях выше ПДУ необходимо предусмотреть СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, таких как: шамотный кирпич или микропористой резины);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распро-странения;

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) можно использовать средства защиты органов слуха: беруши, наушники, антифоны.

10.1.5 Ультразвук

В нашем случае источником ультразвука будет ультразвуковой дефектоскоп Velograph II, который используется при контроле качества сварных соединений. По классификации согласно СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96 [27], наш источник УЗ является ручным, контактным, высокочастотным, с пьезоэлектрическим генератором. ПДУ ультразвука на рабочем месте дефектоскописта представлены в таблице 31.

Таблица 31 – ПДУ контактного ультразвука [27]

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0 — 63,0	5×10^{-3}	100
125,0 — 500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
1×10^3 — $31,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^{-2}$	110

Запрещается непосредственный контакт человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой во время работы дефектоскопа.

СКЗ от ультразвука должны включать в себя:

- дистанционное управление источниками ультразвука;
- автоблокировку, т. е. автоматическое отключение источников ультразвука при выполнении вспомогательных операций;
- приспособления для удержания источника ультразвука или предметов, которые могут служить в качестве твердой контактной среды;
- Экранирование источников УЗ (с помощью звукопоглощающими кожухов и экранов, размещаться в отдельных помещениях или звукоизолирующих кабинах);

Также следует пользоваться средствами индивидуальной защиты от ультразвука, такими как:

- Нарукавники, рукавицы или перчатки (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные).

– Для снижения неблагоприятного влияния ультразвука при контактной передаче в холодный и переходный период года, работающие должны обеспечиваться теплой спецодеждой.

– Для защиты работающих от неблагоприятного влияния воздушного ультразвука следует применять противошумы (наушники, беруши).

К работе с ультразвуковыми источниками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующий курс обучения и инструктаж по технике безопасности.

10.2 Опасные факторы

10.2.1 Электробезопасность

Основными источниками электрической опасности на данном рабочем месте являются вычислительная техника и электрические сети.

Электробезопасность и допустимые нормы, и заземление регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [22], ГОСТ 12.1.038-82 [21] и ГОСТ 12.1.030-81 [28].

При работе с ПК, с целью обеспечения электробезопасности пользователей компьютеров, должны выполняться следующие требования:

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должны питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для аварийного отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общим рубильником;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны производиться при отключенном электропитании.

Офисный кабинет относится к 1-му классу электробезопасности (помещение без повышенной опасности). Так, как данное помещение сухое, с

нормальной температурой воздуха, имеет оборудование напряжением 220 В (до 1000 В). Безопасное значение тока $I < 0.1$ А, а значение напряжения $U < 12$ В.

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током на данном рабочем месте:

- защитное заземление ($R < 4$ Ом);
- зануление;
- защитное отключение;
- электрическое разделение сетей разного напряжения;
- изоляция токоведущих частей;
- работник должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, боты, инструменты с изолирующими ручками, резиновый коврик, деревянная лестница, указатель напряжения).

10.2.2 Пожарная опасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д [25].

В нашем случае помещение имеет категорию пожарной опасности В [25]. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования 16а корпуса, а также категорию его пожарной опасности, здания корпуса и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 [26].

Здание построено из кирпича, который относится к трудносгораемым материалам. В помещениях корпуса находятся все необходимые факторы для начала пожара: горючие вещества, окислитель и источники зажигания.

Горючими компонентами помещения 16а корпуса являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей.

Пожар по причинам возникновения бывает электрического и неэлектрического характера. Рассмотрим причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное или неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы);
- использование открытого огня в различных целях

Причины возникновения пожара электрического характера:

- короткое замыкание;
- перегрузки по току;
- искрение и электрические дуги;
- статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии необходимо использовать первичные средства пожаротушения, применить их следует желательно ещё до приезда пожарной команды, если это позволяет ситуация.

К первичным средствам пожаротушения в корпусе 16А относятся:

- Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10), используются для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии.
- Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В.
- Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В образовательных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей [26].

Для снижения вероятности возникновения пожара необходимо оборудовать:

1. Специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-85 [26];

2. Специальные помещения для хранения в таре пылеобразной канифоли, изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

3. Первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4. Автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Помещение инженера-лаборанта соответствует нормам пожарной безопасности, т.к. имеет охранно-пожарную сигнализацию, план эвакуации (Рисунок 15), порошковый огнетушитель с поверенным клеймом, таблички с указанием направления движения в сторону эвакуационного выхода.



● место рабочего

— путь к основному эвакуационному выходу

- - - путь к вспомогательному эвакуационному выходу

Рисунок 15 – План эвакуации; план эвакуации из лаборатории, где проводились исследования.

10.3 Экологическая безопасность

Компьютеры, которые использовались для написания магистерской диссертации, к сожалению, содержат токсичные вещества и представляют угрозу для человека и для окружающей среды. Поэтому следует рассмотреть конкретно эти вещества и их влияние на человека:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Ввиду вышеперечисленных негативных для здоровья эффектов этих веществ, необходима комплексная утилизация компьютеров. Производить эту утилизацию следует в такой последовательности:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- разделить металлические части на чермет и цветмет;
- кофир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после сбора отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке [24];

Все виды отходов, передающихся на переработку, должны быть разложены и скоплены предприятием до размеров, которые рационально транспортировать, а после переданы либо перерабатывающим предприятиям, либо строительным компаниям.

Поэтому еще до покупки компьютеров в рабочий кабинет, необходимо знать правила утилизации старых моделей, а также выяснить эко-стандарт «свежей» техники на возможность дальнейшей утилизации.

Кроме того, утилизация помимо заботы о природе путём безотходного производства (вторичной переработки пластика и металлов) для предприятия также несёт строгую необходимость. За возможное нарушение ст. 19.14. КоАП РФ о несоблюдении правил учета движения драгоценных металлов, да и несанкционированный вывоз техники и оборудования на «свалку» тоже грозит штрафом.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство расположено в городе Томске с континентально-циклоническим климатом, потому такие природные явления как: землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д., в данном городе отсутствуют.

Наиболее вероятными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Рассмотрим подробнее эти виды ЧС и противодействие им.

Для Томска, как и для Сибири в целом зимнее время сопровождаются морозы. Достижение критически низких температур может привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям. Чтобы обезопасить себя от негативных последствий следует:

- Иметь калориферы на газе с катализатором (на случай переморозки труб). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.
- В здании должен храниться запас воды в 30 литров на одного сотрудника.
- В случае отсутствия электроэнергии должны быть предусмотрены генераторы энергии (на дизеле), а также генераторы, способные поддерживать стабильное питание сварочного оборудования.

- В гаражном парке должны находиться теплые автобусы и микроавтобусы. Также для перевозки людей в удаленные районы нужно предусмотреть менее габаритные автомобили, способные работать в сильные морозы.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, ввиду сложной политической ситуации возникают все чаще, и хоть большинство таких угроз оказываются ложными, но порой случаются серьезные взрывы или иные повреждения средств производства.

Для уменьшения вероятности успешного выполнения диверсии на предприятии необходимо организовать: систему видеонаблюдения и контролируемого пропуска на территорию, круглосуточную охрану и надежную систему связи. Кроме того, конфиденциальной должна быть информация о: системе охраны объекта, расположении цехов и оборудовании в них, сигнализаторах, камерах и иных средств охраны (их количество и расположение). Должностные лица раз в полгода должны проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации, ввиду диверсии.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии 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.

Для недопущения несанкционированного проникновения на рабочее место на предприятии применяется система контроля и управления доступом, каждый сотрудник имеет ключ – карту для прохода через пропускной пункт. На лицевой стороне карты размещается фотография и ФИО сотрудника, на задней стороне ключ – карты – номер пропуска. Пропускные пункты расположены на входе и внутри предприятия, контроль осуществляется, в том числе визуально на

соответствие фотографии, что практически исключает несанкционированный доступ.

Заключение по разделу «Социальная ответственность»:

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» была проведена всесторонняя оценка вредных и опасных факторов, возникающих при разработке технологии изготовления нефтегазового сепаратора, а также разработаны мероприятия по минимизации их воздействия на организм человека и окружающую среду. Помимо этого, были рассмотрены вероятные ЧС и мероприятия по их предупреждению и ликвидации. Практическую значимость проделанной работы трудно оценить, т.к. дополнительно уделенное безопасности выполнения работ время всегда ведет к сохранности материальных ценностей, здоровья и жизни сотрудников.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации производился расчет нефтегазового сепаратора, на основании которого были подобраны и рассчитаны оптимальные режимы сварки основных элементов конструкции из сплава 09Г2С. На основании режимов сварки был выбран сварочный источник питания, подходящий для эксплуатации в условиях низких температур и сварочные материалы для минимизации риска образования дефектов и увеличения механических характеристик сварного соединения.

В результате выполнения магистерской диссертации был разработан комплект технологической документации, состоящий из операционных карт и карт эскизов на процессы сборки и сварки:

- Стыкового соединения обечайки с днищем;
- Углового соединения обечайки с патрубками;
- Нахлесточного соединения обечайки с опорой.

При использовании разработанной технологии сварки можно добиться качественных сварных соединений, что значительно увеличит срок эксплуатации нефтегазового сепаратора.

По результатам аналитики и расчетов в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были выявлены потенциальные потребители разработанной технологии и составлена смета на реализацию технологии, сумма которой составила 1040346,6 рублей. Так же было выявлено, что данный проект является перспективный с точки зрения ресурсоэффективности в сравнении с технологиями изготовления нефтегазового сепаратора механизированными способами сварки.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены производственные факторы, негативно влияющие на организм человека и меры по снижению их воздействия, а также проанализированы возможные чрезвычайные ситуации и меры по достижению экологической безопасности.

Список используемых источников

1. Лацинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А.А. Лацинский. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
2. Смирнов Г. Г. Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств: Справочник / Г.Г Смирнов, А.Р. Толчинский, Т.Ф. Кондратьева. – Л.: Машиностроение, 1988. – 303 с.
3. ОСТ 26-291-94 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия" от 01.01.1996 // НПО ОБТ. – 1994
4. ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды" от 01.01.1971 // М.: Стандартиформ. – 2010
5. ГОСТ 16350-80 "Районирование и статические параметры климатических факторов для технических целей" от 01.07.1981 // М.: Издательство стандартов. – 1986
6. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. – Л.: Машиностроение, 1978. – 461 с.
7. ГОСТ 9467-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей" от 01.01.1977 // М.: Стандартиформ. – 2008
8. Лацинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник / А.А. Лацинский, А.Р. Толчинский. — Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
9. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки: Учебник для техникумов / Ю.К. Молоканов. – М.: Химия, 1980. — 408 с.
10. ГОСТ 14249-89 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность" от 01.01.1990 // М.: Стандартиформ. – 2008

11. ГОСТ 6533-78 "Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов аппаратов и котлов. Основные размеры" от 01.01.1980 // М.: Издательство стандартов. – 1985
12. ГОСТ 33259-2015 "Фланцы арматуры соединительных частей и трубопровода на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования" от 01.04.2016 // М.: Издательство стандартов. – 2016
13. ОСТ 26-2091-93 "Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов. Конструкция" от 01.07.1993 // М.: Издательство стандартов. – 1993
14. Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки: Учебное пособие / Е.А. Трущенко. – Томск: ТПУ, 2008 – 41 с.
15. ГОСТ 5264-80 "Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры" от 01.07.1981 // М.: Стандартиформ. – 2010
16. ГОСТ 12.0.003.2015 "Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация." от 01.03.2017 // М.: Стандартиформ. – 2019
17. ГОСТ Р 2.2.2006-05 "Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условия труда." от 01.11.2005 // Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора. – 2005
18. ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды." от 01.01.1989 // М.: Стандартиформ. – 2008
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. " от 13.06.2003 // М.: Минздрав России. – 2003
20. СП 52.13330.2016 "Свод правил. Естественное и искусственное освещение." от 08.05.2017 // М.: Стандартиформ. – 2018
21. ОСТ 54 30013-83 "Система стандартов безопасности труда.

Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности" от 04.04.1983 // М.: Стандартиформ. – 1983

22. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" от 21.07.2016 // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2016.

23. ГОСТ 30775-2001 "Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. Общие положения." от 01.07.2002 // М.: ИПК Издательство стандартов. – 2002

24. НПБ 105-03 "Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по противопожарной и пожарной опасности" от 01.08.2003 // ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России. - 2003

25. СНиП 2.01.02-85 "Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы" от 01.01.1987 // М: Госстрой СССР. – 1991

26. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96 "Санитарные нормы и правила. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения" от 31.10.1996 // Информационно-издательский центр Минздрава России. – 1997

27. ГОСТ 12.1.030-81 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление" от 01.07.1982 // М.: ИПК Издательство стандартов. - 2001

Приложение А

(обязательное)

Комплект технологической документации (карты эскизов)

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			

ФЮРА.02190.1ВМ01

5

1

ИШНКБ ТПУ

ФЮРА.02190.001

Нефтегазовый сепаратор

У

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

СОГЛАСОВАЛ

Доцент ОЗИ ИШНКБ

А.С. Гордынец

"__" _____ 2022 г.

УТВЕРЖДАЛ

Доцент ОЗИ ИШНКБ

А.С. Гордынец

"__" _____ 2022 г.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ
 на технологический процесс сборки и сварки
 нефтегазового сепаратора

ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ

Доцент ОЗИ ИШНКБ

А.С. Гордынец

"__" _____ 2022 г.

РАЗРАБОТАЛ

Студент гр. 1ВМ01

С.В. Иванов

"__" _____ 2022 г.

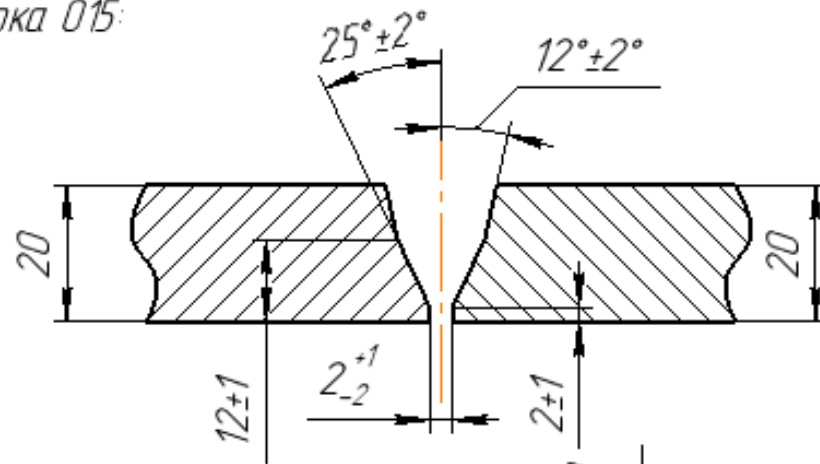
ТЛ

Титульный лист

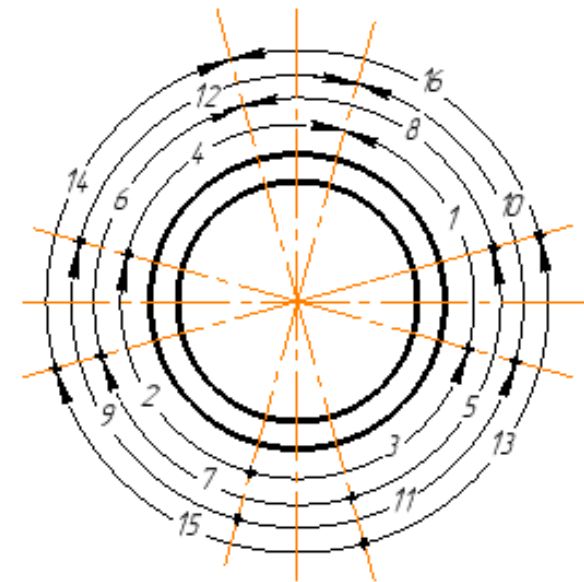
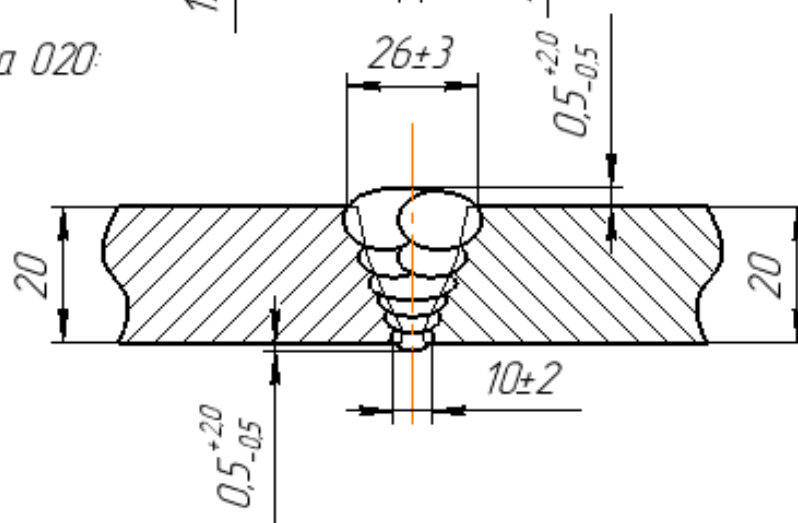
01

Дир. Инженер														
Взнос														
Подп.														
										ФЮРА.02190.18М01	5	3		
Разработчик	Иванов С.В.				ИШНЖБ ТПУ									
Проверил	Гардышев А.С.													ФЮРА.20190.003
Н. контр.														Сборка и сварка сварного соединения С24
											У			

Сборка 015:



Сварка 020:

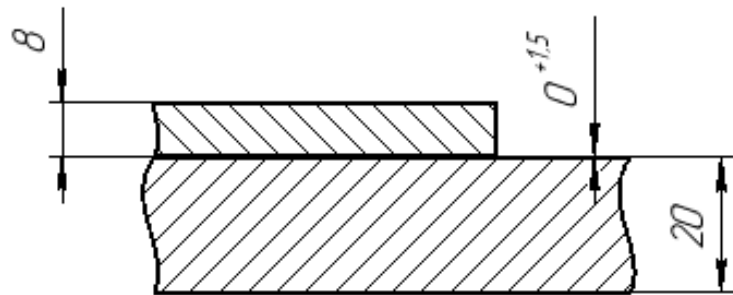


Последовательность наложения слоев шва

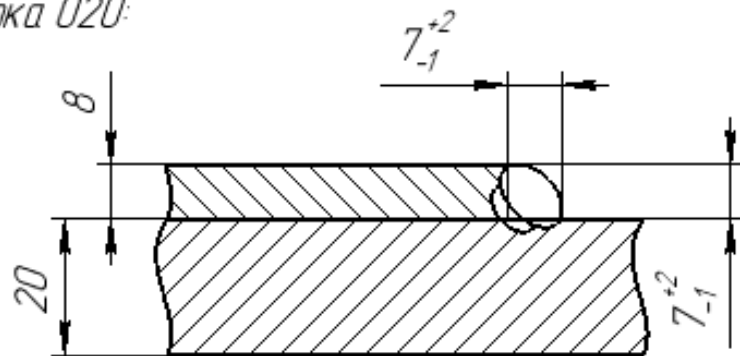
Примечание: Размеры нанесены по ГОСТ 5264-80, тип сварного соединения С24

Дубл.											
Взам.											
Па вл.											
									ФЮРА.02190.18М01	5	5
Разраб.	Иванов С.В.			ИШНКБ ТПУ					ФЮРА.20190.005		
Проверил	Горбачев А.С.										
Н. контр.				Сборка и сварка сварного соединения Н1					У		

Сборка 015:



Сварка 020:



Примечание: Размеры нанесены по ГОСТ 5264-80, тип сварного соединения Н1

КЭ

20

Приложение Б

(обязательное)

Комплект технологической документации (операционные карты)

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
																	ФЮРА.02190.1ВМ01	3			
																	ФЮРА. 60190.003				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции							Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала							Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	Іс	Іэ	Пл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tи	Tп						
33	8. Выполнить сварку корневого слоя шва в окнах наружного звеньевоего центратора электродами диаметром 3 мм.																				
34	Н,В,П	1				О	23-25 В	80-120 А													
35	9. Снять наружный центратор после сварки не менее 60 % участка корневого слоя шва и выполнить сварку оставшихся участков.																				
36	10. Произвести зачистку корневого слоя шва шлифмашинкой. Зашлифовать замки.																				
37	11. Выполнить подварку корневого слоя шва по всему периметру стыкового соединения.																				
38	12. Подварка изнутри корневого слоя шва должна выполняться до начала сварки заполняющих слоев шва.																				
39	13. Выполнить сварку заполняющих слоёв шва электродами диаметром 3 мм.																				
40	Н,В,П	2,3,4,5				О	23-25 В	80-120 А													
41	14. Сварка каждого слоя шва выполняется одновременно не менее чем четырьмя сварщиками по порядку наложения слоев шва.																				
42	15. Сварку соединения выполнять без перерывов. Не допускается оставлять незаконченным сварное соединение.																				
43	16. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок и на прошлом слое шва.																				
44	17. Запрещается зажигать дугу на поверхности металла обечайки и ЗРА.																				
45	18. При наличии атмосферных осадков и/или ветре более 15 м/с сварку производить без инвентарных укрытий запрещается.																				
46	19. Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее 30 мм.																				
47																					
48																					
OK		Операционная карта																		60	

Дубл.																						
Взам.																						
Подл.																						
														ФЮРА.02190.1ВМ01			7					
														ФЮРА. 60190.007								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа												
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.						
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.							
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vc	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn							
49	24. После окончания сварки выровнять шлифмашиной видимые грубые участки поверхности облицовки шва и зачистить набором дисковых щеток прилегающую к нему поверхность обечайки и патрубка на расстоянии не менее 15 мм.																					
50																						
51	25. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края покрытия) специальным маркером или несмываемой краской должны быть нанесены клейма сварщика, выполнявших сварку соединения обечайки с патрубком.																					
52																						
53	26. При сварке облицовочного слоя шва сила тока в нижнем положении 130-180 А, в вертикальном 110-170А, в потолочном 110-150 А.																					
Т54	Металлическая щетка, контактный термометр, УШС-3, газовые горелки.																					
55																						
56																						
57																						
58																						
59																						
60																						
61																						
62																						
63																						
64																						
																		OK	Операционная карта			60

Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
																ФЮРА.02190.1ВМ01		10		8	
Разраб.				Иванов С.В.								ИШНКБ ТПУ				ФЮРА.60190.008					
Н.контр.				Першина А.А.				Нахлесточное соединение обечайки с опорой										у			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции								Обозначение документа								
Б	Код,наименование,оборудования								СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код								ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расч.
РС1	ПС	НП	ДС	Іс	Іэ	Іл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tu	Tп						
А01	01	01	01	015	Сборочная								ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 5264-80								
Б02	Шлифмашинка								3	монтаж	7	1	1	1							
К/М03	Обечайка и опоры из стали 09Г2С								ТУ 24.20.21-1573-05757848-2016												
04	Электроды с основным выдом покрытием УОНИИ 13/45								ГОСТ 9467-75												
005	1. Плотно установить обечайку на седловую опору, обеспечить требуемую разделку кромок согласно ФЮРА 20190.005.																				
06	2. Прорезать изоляцию на месте планируемого нахлесточного соединения на величину 50 мм от кромки в обе стороны.																				
07	3. Зачистить до металлического блеска кромки и прилегающую к кромкам внутреннюю поверхность опоры, и очищенное от изоляции основание обечайки на ширину не менее 20 мм.																				
08																					
09	4. Зазор нахлесточного соединения должен находиться в пределах 0-1,5 мм																				
10	5. Не допускается для установления необходимых параметров сборки (зазора, смещения кромок) применять ударный инструмент.																				
Т11	УШС-3, линейка																				
А12	01	01	01	020	Сварочная								ИОТ №1, РД 34.15.132-96, ГОСТ 5264-80								
Б13	Сварочный аппарат Lincoln invertec 270-SX								3	сварщик	6	1	1	1							
14	Шлифмашинка								3	монтаж	7	1	1	1							
К/М15	Обечайка и опоры из стали 09Г2С								ТУ 24.20.21-1573-05757848-2016												
16	Электроды с основным выдом покрытием УОНИИ 13/45								ГОСТ 9467-75												
OK	Операционная карта																				
	60																				

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																ФЮРА.02190.1ВМ01	9			
																ФЮРА. 60190.009				
А	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции									Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования									СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала									Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
РС1	ПС	НП	DC	lc	lэ	Pl	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn					
О17	1. Геометрия сварного шва при сварке должна соответствовать эскизу ФЮРА 20190.005. Минимальное количество слоев - 2.																			
18	2. Осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемой обечайки с опорой до температуры не менее 100-130 °С.																			
19	3. Допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами.																			
20	4. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При использовании горелок следует применять термоизолирующие пояса.																			
21	5. Подогрев должен быть равномерным по толщине стенки и периметру стыкового соединения в зоне шириной не менее 150 мм.																			
22	6. Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением и в процессе сварки корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру углового соединения на расстоянии от 10-15 мм и от 60-75 мм в обе стороны от свариваемых кромок.																			
23																				
24	7. При снижении температуры ниже 100 °С произвести сопутствующий подогрев. Допускается снижение температуры свариваемых кромок не более, чем на 20 °С, выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми горелками). Снять подогреватель.																			
25																				
26	8. Произвести сварку корневого слоя шва диаметром электрода 3 мм.																			
27	Н,В	1				О	23-25 В	80-120 А												
28	9. Произвести зачистку корневого слоя шва шлифмашинкой.																			
29	10. Произвести сварку облицовочного слоя шва диаметром электрода 4 мм.																			
30	Н,В	2				О	23-25 В	125-180 А												
31	11. Катет шва должен находиться в пределах от 6 до 9 мм.																			
32	12. Произвести очистку от шлака и брызг облицовочного слоя шва.																			
OK																	Операционная карта	60		

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
																ФЮРА.02190.1ВМ01	10			
																ФЮРА. 60190.010				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции							Обозначение документа								
Б	Код,наименование,оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала							Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tи	Tп					
33	13. В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва.																			
34	При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.																			
35	14. После окончания сварки выровнять шлифмашиной видимые грубые участки поверхности облицовки шва и																			
36	зачистить набором дисковых щеток прилегающую к нему поверхность обечайки и патрубка на расстоянии не менее 15 мм.																			
37	15. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края покрытия) специальным маркером или несмываемой																			
38	краской должны быть нанесены клейма сварщика, выполнявших сварку соединения обечайки с патрубком.																			
39	16. При сварке облицовочного слоя шва сила тока в нижнем положении 130-180 А, в вертикальном 110-170А, в потолочном 110-150 А.																			
40	Металлическая щетка, контактный термометр, УШС-3, газовые горелки.																			
41																				
42																				
43																				
44																				
45																				
46																				
47																				
48																				
																	ОК	Операционная карта		60

Приложение В
(справочное)
Разделы на иностранном языке

- Introduction
1 Literature review
2 Basic construction material
3 Welding method
4 Welding materials
5 Calculation of an oil and gas separator
6 Calculation of welding conditions

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Иванов Сергей Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Устюжанина А.К.	к.филол.н.		

Introduction

At the initial stage of oil production, it contains in its composition formation water, gases of different origin and mechanical impurities. The presence of formation water in the oil can significantly affect the costs of its transportation and require additional energy costs for water evaporation and condensation of vapor, and the increase in viscosity of the oil mixture due to formation water, at a lower temperature can lead to the formation of crystalline hydrates. Oil quality is also affected by the presence of mechanical impurities, which impede oil processing and pipeline transportation and cause erosion of the internal surface of pipes or damage to the internal smooth coating.

Therefore, to dehydrate and desalinate water-oil emulsions, to separate oil from associated gas, water and mechanical impurities, special devices - oil and gas separators - are used. Oil and gas separators are subdivided according to the working pressure into three types:

- Up to 0.6 MPa;
- From 0,6 to 2,5 MPa;
- Above 2,5 MPa.

Depending on the working pressure of the oil and gas separator and the climatic conditions of its application, the welding technology of the unit depends on it. Competent development of welding technology can reduce manufacturing costs of oil and gas separator, reduce its metal consumption and increase its service life.

1 Literature review

Chemical apparatus are intended for the implementation in them of chemical, physical or physical-chemical processes (evaporation, condensation, vaporization, rectification, absorption, adsorption, separation, filtration, etc.) and storage or movement of various chemical substances in them [1].

Substances contained and processed in the devices are characterized by different chemical activity in relation to the constructional materials used for these devices and different degree of impact on the operating personnel. Substances with caustic, fire or explosive properties are widely used. Chemical and technological processes in apparatuses are carried out under different technological parameters peculiar to each individual process [2].

Steel welded apparatuses, depending on the environment they contain and its operating parameters, for the purpose of determining the methods and volume of control operations for welded joints are divided into five groups according to OST 26-291 - 94 [3].

All devices, along with the presence of their specific devices, generally consist of the following basic elements and assemblies: cylindrical body bottom, cover, fittings, devices for connection of instrumentation, hatches, supports, welded and flanged connections, sling devices [1].

Welding is the main technology of manufacturing of steel welded chemical equipment, when it is required to connect its various parts inseparably. Of the many types of welding in the manufacture of steel apparatuses, electric arc welding by different methods (manual, automatic and semi-automatic submerged arc, in shielding gases) is used mainly. The greatest use is automatic submerged arc welding, which are connected sheet thickness of the shells, bottoms, housings and other parts of devices that have significant length of welds. Manual electric arc welding is used mainly for connecting branch pipes, nozzles, internal and external devices with the body; it is also used in those cases where for design or technological reasons it is difficult or impossible to use automatic welding [1].

2 Basic construction material

Technology of oil-gas separator production is worked out for application at oil processing installation, located in an open area in a macroclimatic region with moderate and cold climate according to GOST 15150-69 [4]. Operating air temperature of oil and gas separator for the cold climatic region III by GOST 16350-80 will range from -640C to +380C [5]. Taking into account working pressure of 4 MPa, average corrosivity of medium and weldability it is necessary to choose low-alloy steel 09G2S as a base material.

This steel has resistance in a wide range of temperatures, namely from -700C to +4500C and has an easy weldability, which makes it widely used in the manufacture of structures of any complexity in the chemical, oil, construction and other industries. High mechanical resistance to low temperatures allows using 09G2S steel pipes and shells in cold climatic regions.

2.1 Chemical composition and mechanical properties

In low-alloy structural steel grade 09G2S contains 0.09% of carbon, 2% of manganese "G", up to 1% of silicon "C". The amount of additives in this steel is up to 2.5%. The detailed chemical composition of 09G2S steel is shown in Table 1.

Table 1 - Chemical composition in % of 09G2S steel

Mark alloy	Fe	Mn	Si	Ni	Cr	Cu	C	As	S	N
09G2S	96-97	1,3-1,7	0,5-0,8	До 0,3	До 0,3	До 0,3	До 0,12	До 0,08	До 0,04	До 0,008

The mechanical properties of 09G2S steel are presented in Table 2.

Table 2 - Mechanical properties of steel 09G2S

T, °C	Condition	Wall thickness, mm	$\sigma_{0,2}$, MPa	σ_B , MPa	δ_5 , %
20	Before quenching	10-20	325	470	21
	After quenching, tempering		365	490	19
20	Before quenching	20-32	305	460	21
	After quenching, tempering		365	490	19

Where $\sigma_{0,2}$ – yield strength, MPa

σ_B – tensile strength (ultimate tensile strength), MPa

δ_5 – elongation after rupture, %

2.2 Preheating, heat treatment and weldability

Welding of 09G2S steel can be carried out both without preheating and with preheating to a temperature in the range from 100 to 1200C. The steel is not overheated and not hardened in the process of welding, so that its plastic and strength characteristics are not reduced [6].

Another advantage of using this steel is that it is not prone to temper embrittlement and its toughness is not reduced after tempering. The above properties explain the convenience of using 09G2S, in comparison with other steels with high carbon content or additives, which have worse weldability and change their properties after heat treatment. Any electrodes designed for low-alloy and low-carbon steels can be used for welding 09G2S [6].

After welding it is recommended to heat the product to the temperature of 6500C and to keep this temperature during 1 hour for each 25 mm of thickness and then to cool the product in the air. In this way it is possible to increase the hardness of the weld and remove residual stresses [6].

3 Welding method

The method of welding should be chosen based on the location of the site at which the welding and assembly work will be carried out, the type of production and the wishes of the customer. Welding technology is being developed for implementation on the territory of the oil processing unit, located at the Severo-Danilovskoye field of Verkhnechonskneftegaz. Severo-Danilovskoye field is only at the stage of development and it has problems with transport logistics. That may be the reason why this field is mostly operated by contractors who perform welding and assembly works using manual arc welding with coated electrode. Also, knowing that the production of oil and gas separators will be one-off, one should choose manual arc welding with coated electrode for further development of the technology.

4 Welding materials

For welding of low-alloy structural steels it is recommended to use electrodes with the main type of covering E42A, E50A according to GOST 9467-75 [7]. Esab electrodes UONII 13/45 and UONII 13/55 C can be suitable from foreign analogues for welding 09G2S steel as they provide minimum metal splashing, improve strength characteristics of the weld metal, are suitable for welding at low air temperatures and show increased resistance to cracking.

Welding with these electrodes is required to carry out welding with direct current of reverse polarity. Mechanical properties of weld metal and percentage of harmful impurities (sulfur and phosphorus) when using electrodes with main type of coating E42A and E50A are shown in Table 3 [7].

Table 3 - Mechanical properties of weld metal, deposited metal and content of harmful impurities in welding with electrodes E42A, E50A

Electrode type	Mechanical properties at normal temperature					Content in the weld metal, %	
	Metal of the weld or clad metal			Welded joint made with electrodes with a diameter of less than 3 mm			
	Tensile strength σ_B , kgf/mm ²	Relative elongation δ_5 , %	Impact toughness α_H , kgcm/cm ²	Tensile strength σ_B , kgf/mm ²	Angle of bend, deg.	Sulfur	Phosphorus
	No less					No more	
E42A	42	18	8	42	150	0,040	0,045
E50A	50	16	7	50	120	0,040	0,045

5 Calculation of an oil and gas separator

Oil and gas separators are subdivided according to the number of phases:

- Two-phase;
- Three-phase.

Since the job requires developing technology for a separator that will separate oil from formation water and gas, we will make a calculation for the three-phase oil and gas separator.

Also separators can be made in vertical and horizontal versions. Calculation will be made for horizontal oil-gas separator because volumes of oil production are large, and horizontal separators have higher efficiency in comparison with vertical ones, besides, there is no need to save space at separator location site.

It is necessary to calculate a horizontal three-phase separator: define its diameter, length, wall thickness of the shells and the bottom, calculate the nozzles, etc. with the customer's initial data. Initial data are given in table 4:

Table 4 - Initial data

Indicator, unit of measurement	Value
Gas consumption $Q_{\text{газа}}$, m ³ /day	100
Oil consumption $Q_{\text{нефти}}$, m ³ /day	1000
Initial oil water cut w , %	20
Working pressure P , MPa	4
Oil density $\rho_{\text{нефти}}$, kg/m ³	780
Permissible stress for 09G2S steel at 20 °C σ^* , MPa	183
Acceleration of free fall g , m/sec ²	9,81
Universal gas constant R , J/mol*K	8,31
Pressure at standard conditions, Pa	101325
Temperature at standard conditions T , K	293

5.7 Summary table of calculations

The results of calculated and selected parameters of oil and gas separator are presented in table 8:

Показатель	Ед. измерения	Значение
Oil volume flow rate	m ³ /day	1000
Operating pressure	МПа	4
Separator diameter	mm	1420
Separator wall thickness	mm	20
Separator length	mm	6820
Separator volume	m ³	9,68

Based on the results of calculating the wall thicknesses and diameters of the shell, bottom (cap) and nozzles of the oil and gas separator, you can start calculating the welding modes for each individual welded joint.

6 Calculation of welding conditions

Calculation of welding modes in manual arc welding with coated electrodes involves the determination of such basic parameters as [14]:

- type and polarity of welding current;
- Welding current intensity;
- arc voltage;
- electrode diameter;

Manual arc welding with coated electrodes of structural low-alloy steels is carried out on direct current of reverse polarity.

In this section it is required to calculate welding modes for each individual welded joint, namely: shell with bottom, sockets with shell, support with shell.

Calculation of welding modes should begin with determining the diameter of the electrode, which can be different depending on the welding of a particular seam layer (root, filling, facing). Therefore, to determine the diameter of the electrode, it is necessary to select the edge cutting suitable for a given wall thickness, calculate the geometric dimensions of the weld and the required number of passes.

6.1 Shell-bottom (lid) connection

6.1.1 Edge preparation

Bevel preparation C24 according to GOST 5264-80 is widely used in welding of large wall thicknesses in oil and gas industry. We apply this type of bevel preparation for welding of the shell with the bottom and the lid. Design dimensions of bevel preparation and weld at welded connection type C24 are shown in Table 8 [15].

Table 8 - Design dimensions of edge preparation and weld, type of welded joint C24 according to GOST 5264-80.

Structural elements		Wall thickness $s = s_1$, mm	Seam width e , mm		e_1 , mm	Seam height $g = g_1$, mm	
Prepared edges of the parts to be welded	The weld		Nominal	Lim.		Nominal	Lim.
		Свыше 17 до 20	26	±3	10 ±2	0,5 +2 -0,5	

Figure 4 shows all the basic dimensions for preparing the edges for welding, namely the angles of edge preparation, bluntness and clearance.

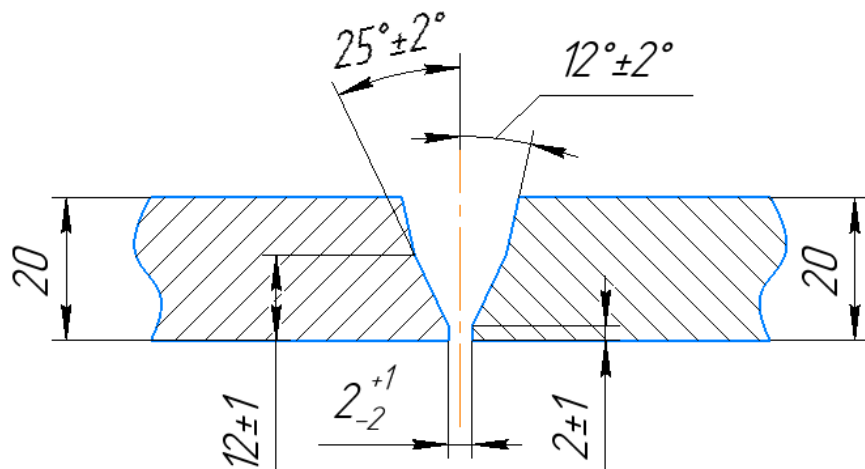


Figure 4 - Dimensions of prepared edges of welded elements, welded joint type C24 according to GOST 5264-80

6.1.2 Geometric dimensions of the weld

To calculate the number of passes and determine the necessary electrode diameters in welding, it is required to know the geometric dimensions of the welded joint, they include the height and width of the facing layer of the weld, as well as the height and width of the back roll of the root layer of the weld. The above-mentioned parameters of the welded joint are taken from GOST 5264-80 and presented in Figure 5 [15].

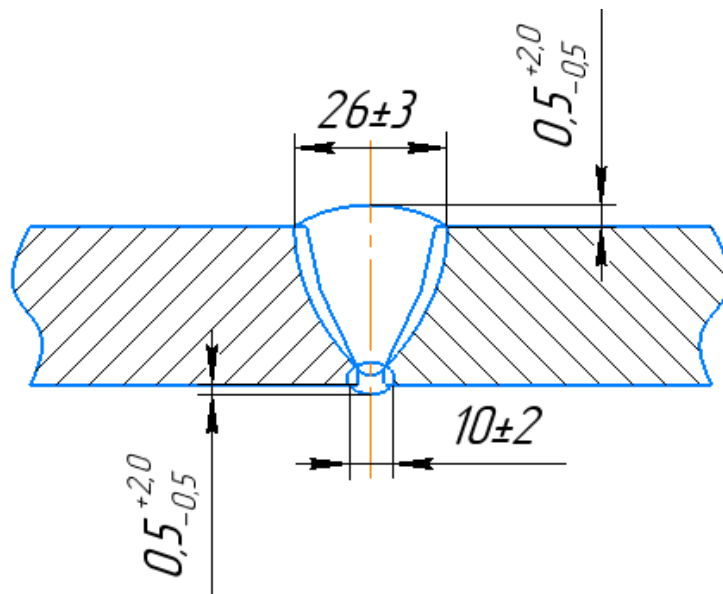


Figure 5 - Geometric dimensions of the weld, weld type C24 according to GOST 5264-80

6.1.3 Number of passes

Knowing the geometric dimensions of the weld, it is possible to calculate the cross-sectional area of the deposited metal. To do this, you need to divide the cross-sectional area of the weld into seven sections: section F_1 and F_5 - area of the segment, section F_2 and F_4 - area of a rectangular triangle, F_3 - area of a rectangle, F_6 and F_7 - area of a rectangular trapezoid, as shown in Figure 6.

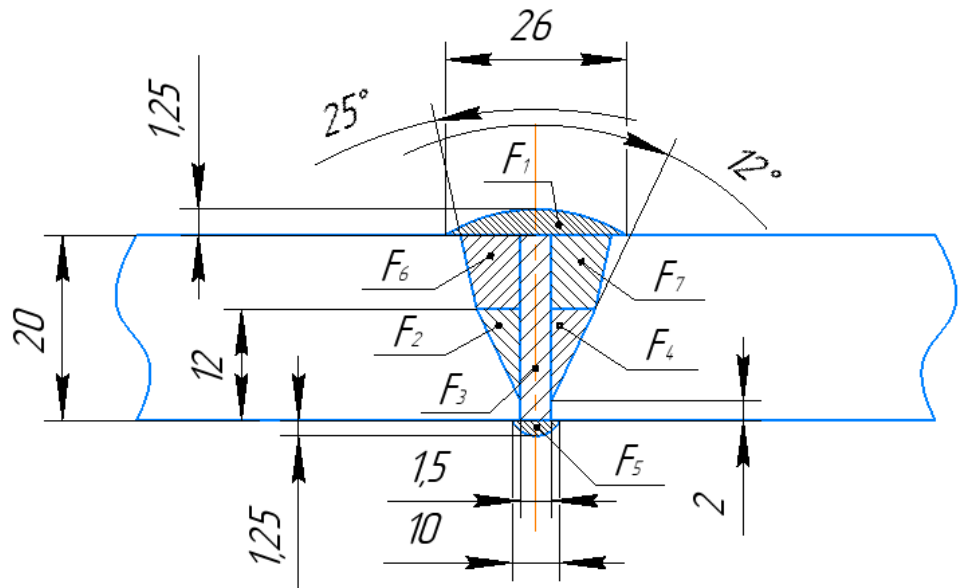


Figure 6 - Calculation of the cross-sectional area of the deposited metal

The figure shows that the areas $F_2 = F_4$ and $F_6 = F_7$, the total area of the deposited metal we find by the formula (26):

$$F_H = F_1 + 2F_2 + F_3 + F_5 + 2F_6 \quad (26)$$

$$F_H = 0,75 \cdot 26 \cdot 1,25 + 2 \cdot \left(\frac{1}{2} 10^2 \cdot \operatorname{tg}(12^\circ) \right) + 1,5 \cdot 20 + 0,75 \cdot 10 \cdot 1,25 +$$

$$+ 2 \cdot \left(\frac{1}{2} 8^2 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ) + 8 \cdot 10 \cdot \operatorname{tg}(12^\circ) \right) = 148,86 \text{ mm}^2$$

Now let's calculate the total cross-sectional area of the welded and penetrated metal by formula (27):

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + q) = 427,05 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

where «e» is the width of the weld;

S - wall thickness of the shell;

q - height of the facing and root (underwelding) layer together

Let's find the cross-sectional area of the molten metal by formula (28):

$$F_{\text{np}} = F - F_H = 427,05 - 148,86 = 278,19 \text{ mm}^2 \quad (28)$$

In manual arc welding with coated electrodes the cross-sectional area of the deposited metal in one pass, which provides optimal conditions for the formation of the bead and penetration, is not more than 30 mm^2 for the first pass (when welding the root layer of the weld) and not more than 40 mm^2 for subsequent passes. Assign the execution of the root layer of the weld with an electrode of diameter $d_s = 3 \text{ mm}$.

Calculate the area of the deposited metal for the first pass by the formula (29):

$$F_1 = (6 \dots 8)d_3 = 6 \cdot 3 = 18 \text{ mm}^2 \quad (29)$$

Let's calculate the area of the weld metal for the next passes by the formula (30):

$$F_{II} = (8 \dots 12)d_3 = 8 \cdot 3 = 24 \text{ mm}^2 \quad (30)$$

Calculate the number of passes using the formula (31):

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_{II}} + 1 = \frac{148,86 - 18}{24} + 1 = 6,45 \approx 7 \quad (31)$$

Thus, the minimum number of passes, excluding the underwelding is 7, with underwelding pass $n = 8$. Welding can be carried out in at least 8 passes.

6.1.4 Welding current intensity

Calculation of welding current in manual arc welding with coated electrodes is made with the allowable current density, which depends on the diameter of the electrode used and its coating. Since the electrode coating will be used basic and the diameter of the electrode will be taken for the first six passes (root, underwelding and filling layers) $d_3 = 3 \text{ mm}$ and for the last two (facing layer) $d_3 = 4 \text{ mm}$, then we calculate the welding current by the formula (32):

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} J, \quad (32)$$

where J is the current density, for $d_3 = 3 \text{ mm}$ $J = 13 \dots 18,5 \text{ Amp/mm}^2$, and for $d_3 = 4 \text{ mm}$ $J = 10 \dots 14,5 \text{ Amp/mm}^2$

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 13 = 90 \text{ Amp}$$

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot 18,5 = 130 \text{ Amp}$$

So the welding current when using an electrode with a diameter of 3 mm is in the range from 90 to 130 Amp, we assign the current for the first four passes equal to $(90 \div 110) \text{ Amp}$, for the next two, equal to $(110 \div 130) \text{ Amp}$. Now let's calculate the current with a diameter of the electrode $d_3 = 4 \text{ mm}$:

$$I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} \cdot 10 = 125 \text{ Amp}$$

$$I_{CB} = \frac{3.14 \cdot 4^2}{4} \cdot 14,5 = 180 \text{ Amp}$$

When welding with the electrode $d_3 = 4$ mm, the amperage can be set in a range of (125÷180) Amp. The amperage interval is large enough, but we must not forget that welding will be carried out nonrotating joint, so when welding in the lower position the current can be increased, and when welding in the vertical or overhead position the current can be reduced. Detailed amperage values depending on the welding position will be reflected in the operational and technological chart for the welding process.

6.1.5 Arc voltage

Calculate the optimum arc voltage for the calculated welding current using formula (33):

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{CB} \quad (33)$$

For welding with an electrode with a diameter of $d_3 = 3$ mm:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot (90 \dots 130) = 24 \pm 1 \text{ Volt}$$

For welding with an electrode with a diameter of $d_3 = 4$ mm:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot (125 \dots 180) = 26 \pm 1 \text{ Volt}$$

The arc voltage will vary similar to the welding current depending on the welding position.

6.1.6 Welding speed

Welding speed in manual arc welding with coated electrodes, is calculated indirectly, as each welder is individual and when welding a person is affected by many factors, it is impossible to perform welding at the same speed, but it is necessary to know the speed at which the welding is recommended. This parameter will be needed for further calculation of the energy consumption. Let's calculate the welding speed using the formula (34):

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (34)$$

Where $\alpha_H = 9,5$ g/Ah - surfacing factor;

$\gamma = 7,8$ g/cm³ - density of the deposited metal for a given pass;

$F_H = 18$ mm² for $d_3 = 3$ mm and $F_H = 24$ mm² for $d_3 = 4$ mm - cross-sectional area of the deposited metal for a given pass, mm².

Then let us calculate the welding speed for electrodes with a diameter of 3 mm and 4 mm, respectively:

$$V_{CB} = \frac{9,5 \cdot (90 \dots 130)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,18} = 0,2 \pm 0,03 \text{ cm/sec}$$

$$V_{CB} = \frac{9,5 \cdot (125 \dots 180)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} = 0,215 \pm 0,04 \text{ cm/sec}$$

6.1.7 Metered energy

Let us calculate the linear energy, which will be necessary for further calculation of the penetration depth. The linear energy determines the value of energy input per unit length of the weld, let's calculate it by formula (35):

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_d \cdot \eta_H}{V_{CB}}, \quad (35)$$

where q_n is the net energy;

I_{CB} - welding arc current;

U_d - voltage at the welding arc;

η_H - effective efficiency of product heating by arc, at manual arc welding with coated electrodes is 0,75 - 0,85;

V_{CB} - the speed of welding arc movement

Let's calculate q_n when welding with the electrode $d_3 = 3$ mm:

$$q_n = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,2} = 10560 \text{ J/cm}$$

Let's calculate q_n when welding with the electrode $d_3 = 4$ mm:

$$q_n = \frac{150 \cdot 26 \cdot 0,8}{0,215} = 14512 \text{ J/cm}$$

6.1.8 Depth of penetration

Knowing the net energy, you can calculate the depth of penetration using formula (36):

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{q_n} \quad (36)$$

Thus, the depth of penetration of the electrode $d_s = 3 \text{ mm}$ will be equal:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{10560} = 0,57 \text{ cm} = 5,7 \text{ mm}$$

The depth of penetration with the electrode $d_s = 4 \text{ mm}$ will be equal:

$$r = 0,005588 \cdot \sqrt{11143} = 0,67 \text{ cm} = 6,7 \text{ mm}$$