

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования
Направление подготовки Машиностроение
Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки корпуса «Диоген–700»

УДК 621.757:621.791:62–214

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–1В22	Каргин Александр Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ОТСП	Гнюсов С.Ф.	Д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

_____ Киселев А.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3–1В22	Каргин Александр Михайлович

Тема работы:

Технология сборки и сварки корпуса «Диоген–700»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2017, № 2789/ с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (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.).	Настоящее техническое задание распространяется на модернизацию действующей технологии сборки и сварки корпуса устройства «Диоген–700». Устройство предназначено для размыва и перемешивания донных отложений в резервуарах с нефтью. Разработанный технологический процесс, позволит повысить качество изготовления корпуса «Диоген–700», увеличить объем выпускаемой продукции в год, снизить себестоимость, накладные расходы на единицу продукции.
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).	1 Литературный обзор. 2 Объект и методы исследования. 3 Расчеты и аналитика. 4 Выводы . 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Титульный лист (название работы) 2. Цель и задачи исследования

(с точным указанием обязательных чертежей)	3. Общий вид изделия 4 Сборочный чертеж корпуса (с действующей технологией) 5. Выбор оборудования 6. Выбор сварочных материалов 7. Результаты выполненных расчетов режимов сварки 8. Сборочный чертеж корпуса (с новой технологией) 9, 10. Финансовый менеджмент 9. Заключение.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Гнюсов Сергей Федорович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова Кристина Алексеевна
Социальная ответственность	Сопруненко Элина Евгеньевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор кафедры ОТСП	Гнюсов С.Ф.	д.т.н., профессор		30.01.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Каргин А.М.		30.01.2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного образования

Направление подготовки 150202 Оборудование и технологии сварочного производства

Уровень образования Бакалавр

Кафедра Оборудования и технологии сварочного производства

Период выполнения (весенний семестр 2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.03.2017	1 Литературный обзор	25
03.04.2017	2 Объект и методы исследования	5
10.04.2017	3 Расчеты и аналитика	35
15.04.2017	4 Выводы	10
24.05.2017	5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
24.05.2017	6 Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ОТСП	Гнюсов Сергей Федорович	д.т.н., профессор		30.01.2017

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		30.01.2017

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Каргин Александр Михайлович

Институт	Электронного образования	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.17
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н		01.03.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В22	Каргин Александр Михайлович		01.03.17

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В22	Каргин Александр Михайлович

Институт	Электронного образования	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:
1. Описание рабочего места сварщика на предмет возникновения: – Вредных и опасных факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы, недостаточная освещенность, повышенный уровень пульсации освещенности, повышенная яркость светящихся поверхностей, пониженный уровень влажности воздуха, повышенная температура воздуха, повышенный уровень ЭМП, повышенный уровень ЭСП, повышенный уровень шума, нарушение норм аэроионного состава воздуха, напряженность труда, тяжесть труда); – опасных факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы); – негативного воздействия на окружающую природную среду (гидросферу, литосферу); – чрезвычайных ситуаций (техногенного, природного, социального, экологического и военного характера). 2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: физико-химическая природа вредности(недостаточная освещенность, повышенный уровень пульсации освещенности, повышенная яркость светящихся поверхностей, пониженный уровень влажности воздуха, повышенная температура воздуха, повышенный уровень ЭМП, повышенный уровень ЭСП, повышенный уровень шума, нарушение норм аэроионного состава воздуха, напряженность труда, тяжесть труда); – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые мероприятия по улучшению условий труда – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество); – пожар взрывобезопасность (источники, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 2. Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду. 3. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор и описание рекомендуемых действий при одной из ЧС. 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для сварщика) правовые нормы трудового законодательства; – место сварщика в эргономической системе.
Перечень графического материала:
Отсутствует

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.17
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сопруненко Э.Е.			01.03.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1В22	Каргин Александр Михайлович		01.03.17

Реферат

Выпускная квалификационная работа 134 с., 20 рис., 41 табл., 42 источника, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: «Диоген 700», ручная дуговая сварка, сварка в среде защитных газов, технологический процесс, модернизация.

Цель данной дипломной работы заключается, в поиске возможных способов модернизации действующей на предприятии технологии сборки и сварки изделия, что позволит повысить качество изготовления корпуса «Диоген 700», увеличить объем выпускаемой продукции в год, снизить себестоимость, накладные расходы на единицу продукции.

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления корпуса «Диоген 700». Дано обоснование эффективности внедряемого способа сварки и малый срок его окупаемости.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС–3DV16».

Abstract

Keywords: «Diogenes 700», manual arc welding, welding in shielding gases, technological process, modernization.

The purpose of this thesis is to «Diogenes 700», increasing the volume of output per year, to reduce the cost, overhead costs per unit of output.

A technical and economic analysis of the manufacturing process of the Diogen 700 hull was carried out. The justification of the efficiency of its welding and the shortest payback period is given.

Final examination work of Microsoft Office 2016 and graphic editor «KOMPAS–3DV16».

Определения и сокращения

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – работа, содержащая системный анализ известных технических решений, технологических процессов, программных продуктов, выполняемая выпускником самостоятельно с использованием информации, усвоенной им в рамках дисциплин общетехнического и специального цикла.

Проектно–технологическая документация (ПТД) – совокупность текстовых и графических документов, определяющих архитектурные, функционально–технологические, конструктивные и инженерно–технические и иные решения, состав которых необходим для оценки соответствия принятых решений заданию на проектирование, требованиям технических регламентов и документов в области стандартизации и достаточен для разработки рабочей документации для их выполнения.

Ручная дуговая сварка (РДС) – сварка, выполненная покрытым металлическим электродом.

Система контроля и сигнализации (СКС) – система обеспечивающая включение и отключение изделия с местного поста управления, контроль параметров изделия.

КПД – коэффициент полезного действия;

СО₂ – углекислый газ;

ПВ – продолжительность включения (нагрузки) сварочного аппарата;

ЖХ – жесткая вольт–амперная характеристика источника питания сварочной дуги;

ПХ – падающая вольт–амперная характеристика источника питания сварочной дуги;

Ar – аргон;

СГОА – смесь газов на основе аргона;

ПДГ – полуавтомат дуговой сварки в защитных газах;

ВД – выпрямитель дуговой сварки.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5–2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 7.32–2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно - исследовательской работе. Структура и правила оформления.
3. СП ТПУ 2.5.01–2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.
4. ГОСТ 8050–64 Настоящий стандарт распространяется на газообразную и жидкую двуокись углерода.
5. ГОСТ 14771–76 Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах.
6. ГОСТ 5264–80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные.
7. ГОСТ 12.1.012–90 Вибрационная безопасность» гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах.
8. ГОСТ 12.1.003–83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах.
9. ГОСТ 12.1.005 Нормы производственного микроклимата, установленные системой безопасности труда.
10. ГОСТ 12.0.002–74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
11. ГОСТ 17.2.3.02–78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Содержание

	С.
Введение	12
1 Литературный обзор	18
1.1 Общие сведения о сварке, история ее развития	18
1.2 Материал сварной конструкции устройства «Диоген–700»	20
1.3 Технологическая свариваемость стали 09Г2С	21
1.4 Сборочно–сварочное оборудование и приспособления	24
1.4.1 Сборочно–сварочное оборудование	24
1.4.2 Сборочно–сварочные приспособления	25
1.5 Методы сварки	26
1.5.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	26
1.5.2 Автоматическая и полуавтоматическая сварка металла под флюсом	28
1.5.3 Электрошлаковая сварка металла	30
1.5.4 Механизированная сварка в среде защитного газа	32
1.6 Напряжения и деформации в металле	33
1.7 Классификация и выбор методов контроля качества сварки	36
1.7.1 Методы разрушающего контроля	36
1.7.2 Методы неразрушающего контроля	37
1.7.3 Оценка чувствительности методов	38
1.8 Дефекты сварных соединений	40
1.8.1 Наружные дефекты	40
1.8.2 Внутренние дефекты	42
1.9 Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах	45
1.10 Постановка задачи	48
2 Объект и методы исследования	50
2.1 Назначение, принцип работы, особенности и технические характеристики изделия «Диоген–700»	50

2.2 Характеристика сварного узла	52
2.3 Материал сварной конструкции корпуса «Диоген–700»	54
2.4 Действующий на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» технологический процесс сборки и сварки корпуса изделия «Диоген–700»	55
2.5 Границы исследования объекта	57
3 Расчеты и аналитика	58
3.1 Выбор сборочно–сварочного оборудования и приспособлений	58
3.1.1 Сборочно–сварочное оборудование	58
3.1.2 Приспособление для центрирования фланцевых соединений	59
3.1.3 Обоснование выбора способа сварки с учетом современных технологий	60
3.2 Сравнительный анализ ручной дуговой сварки плавящимся электродом и полуавтоматической сварки в среде защитного газа	61
3.2.1 Ручная дуговая сварка плавящимся электродом	61
3.2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов	62
3.3 Выбор сварочного оборудования	63
3.3.1 Сварочное оборудование для ручной дуговой сварки покрытым электродом	63
3.3.2 Выбор сварочного оборудования для механизированной сварки в среде защитного газа плавящимся электродом	64
3.3.3 Выбор источника питания сварки	66
3.4 Выбор сварочных материалов	68
3.4.1 Для ручной дуговой сварки	68
3.4.2 Для механизированной сварки в защитном газе	68
3.5 Расчёт режимов сварки	72
3.5.1 Расчет режимов ручной дуговой сварки	72
3.5.2 Расчет режимов механизированной сварки	77
3.6 Контроль дефектов и способы их устранения	83

3.7 Разработка нового технологического процесса сборки и сварки корпуса	84
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	86
4.1 Предпроектный анализ	86
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	86
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	87
4.1.3 FAST – анализ	88
4.1.4 SWOT – анализ	89
4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации	94
4.2 Инициация проекта	96
4.3 Планирование управления проектом	99
4.3.1 План проекта	99
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика	100
4.3.3 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты	105
4.3.4 Расчет фонда заработной платы	105
4.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	109
4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта	109
5 Социальная ответственность	112
5.1 Анализ сварочного производства	112
5.1.1 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция	112
5.1.2 Производственный шум	114
5.1.3 Освещение	116
5.1.4 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение дуги	117
5.1.5 Наличие в воздухе вредных веществ – паров, газа, пыли и их смесей	118

5.1.6 Электробезопасность	120
5.1.7 Расчет защитного заземления	121
5.1.8 Противопожарная безопасность	124
5.1.9 Мероприятия по очистке воздуха от пыли	126
5.2 Охрана окружающей среды	126
5.3 Чрезвычайные ситуации	128
Заключение	130
Список использованной литературы	131
Приложения:	

Введение

Сварка как высокопроизводительный процесс изготовления неразъемных соединений находит широкое применение при изготовлении металлургического, химического и энергетического оборудования, различных трубопроводов, в машиностроении, в производстве строительных и других конструкций. Поэтому на сегодняшний день сварка является одним из наиболее распространенных методов соединения материалов и требует непрерывного совершенствования.

Это свойственно и предприятиям нефтегазового комплекса, к которым относится завод АО «ТОМЗЭЛ» (г. Томск). На данном предприятии проводится политика по внедрению в производство современного оборудования, реализующего последние достижения в технологии обработки металлов резанием и в области сварки. При этом достигается микронная точность обработки и высокая технологичность выполнения сборочных и сварочных работ, что обеспечивает требуемое качество выпускаемой продукции и экономическую выгоду.

Широкие возможности сварки плавлением и современное сборочное оборудование облегчают решения задач, стоящих перед инженерами технологами. Однако разработанный технологический процесс должен не только обеспечить качество выполнения сборки и требуемые свойства сварных соединений, но быть экономичным и экологически приемлемым.

Для решения проблемы, возникающей во время эксплуатации на днищах резервуаров с нефтью, в виде образования и накопления значительного количества осадков, состоящих в основном из парафина, конструкторским бюро АК «Транснефть» было разработано устройство, предназначенное для размыва и перемешивания донных отложений в резервуарах с нефтью. Оно устанавливается на первом поясе в резервуарах с нефтью на крышке овального или круглого люков-лазов, и эксплуатируются во взрывоопасных зонах класса В1а.

На АО «ТОМЗЭЛ» была возложена организации производства высоконадежных электроприводов для запорно–регулирующей арматуры, устройства для размыва донных отложений в резервуарах с нефтью на базе разработанного на заводе волнового редуктора с промежуточными телами качения, не имеющего аналогов в России, предназначенного для введения в эксплуатацию на объектах дочерних обществ Акционерной Компании АК «Транснефть».

Проанализировав технологию сборки и сварки корпуса изделия «Диоген–700», применяемую на АО «ТОМЗЭЛ», можно сделать вывод, что она требует модернизации.

Цель данной дипломной работы заключается, в поиске возможных способов модернизации действующей на предприятии технологии сборки и сварки корпуса «Диоген–700», что позволит повысить его качество, увеличить объем выпуска, снизить себестоимость и накладные расходы на единицу продукции.

Задачами дипломной работы в связи с указанной целью являются:

1. Подбор оборудования для выполнения сборки корпуса «Диоген–700» и последующей его сварки.
2. Анализ возможных альтернативных способов сварки, которые снизят трудоемкость и себестоимость сварочных работ.
3. Подбор сварочного оборудования и сварочных материалов.
4. Разработка нового технологического процесса сборки и сварки при использовании оптимального сборочного оборудования и новой сварочной технологии.
5. Исследование экономической целесообразности новой технологии сварки.

1 Литературный обзор

1.1 Общие сведения о сварке, история ее развития

Современный технический прогресс неразрывно связан с совершенствованием сварочного производства. Сварка как высокопроизводительный процесс изготовления неразъемных соединений находит широкое применение при изготовлении металлургического, химического и энергетического оборудования, различных трубопроводов, в машиностроении, в производстве строительных и других конструкций.

Перспективы сварки как в научном, так и в техническом плане безграничны. Её применение способствует совершенствованию машиностроения и развитию ракетостроения, атомной энергетики, радиоэлектроники. Начало производственного использования простейших способов сварки и пайки теряется в глубокой древности. Способы сварки развивались очень медленно. На протяжении столетий в связи с отсутствием технической базы не происходило заметного изменения ни в ее технике, ни в технологии.

Принципиально важным для развития и применения сварочной науки и техники стал XX век, особенно первая его половина. В последние двадцать лет сварочное производство заметно совершенствовалось, в первую очередь в области оборудования и аппаратуры. В начале XXI века сварка является одним из ведущих технологических процессов создания материальной основы современной цивилизации. Основоположниками дуговой сварки являются российские ученые и инженеры – В. В. Петров, Н. Н. Бенардос, Н. Г. Славянов [1].

Научно–технические, экспериментальные и практические работы, выполненные в последнее время в области сварки, позволили создать принципиально новые конструкции машин. Одно из более развивающихся направлений в сварочном производстве – широкое использование механизированной и автоматической сварки. Речь идет как о механизации и

автоматизации самих сварочных процессов (т.е. переходе от ручного труда сварщика к механизированному), так и о комплексной механизации, охватывающей все виды работ, связанные с изготовлением сварных конструкций (заготовительные, сборочные и др.) и созданием поточных и автоматических производственных линий [2]. С развитием техники возникает необходимость сварки деталей разных толщин из разных материалов, в связи с этим постоянно расширяется набор применяемых видов и способов сварки.

В настоящее время сваривают детали толщиной от нескольких микрометров (в микроэлектронике) до десятков сантиметров и даже метров (в тяжелом машиностроении). Наряду с конструкционными углеродистыми и низколегированными сталями все чаще приходится сваривать специальные стали, легкие сплавы и сплавы на основе титана, молибдена, хрома, циркония и других металлов, а также разнородные материалы [3].

В сварке различают более 150 видов сварочных процессов. В соответствие с ГОСТ 19521–74 [13], сварочные процессы классифицируют: по основным физическим, техническим и технологическим признакам. Основа классификации по физическим признакам – вид энергии, применяемой для получения сварного соединения. По физическим признакам все сварочные процессы относят к одному из трех классов: термическому, термомеханическому и механическому.

Термический класс – все виды сварки плавлением, осуществляемые с использованием тепловой энергии (газовая, дуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно–лучевая и лазерная).

Термомеханический класс – все виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная, кузнечная, газо– и дугопрессовая).

Механический класс – все виды сварки давлением, проводимые с использованием механической энергии (холодная, трением, ультразвуковая и взрывом).

По техническим признакам сварочные процессы классифицируют в зависимости от способа защиты металла в зоне сварки, непрерывности процесса и степени его механизации. Широкие возможности сварки плавлением облегчают решения задач, стоящих перед инженерами–технологами. Однако разработанный технологический процесс должен не только обеспечить требуемые свойства сварных соединений, но быть экономичным и экологически приемлемым [3].

1.2 Материал сварной конструкции устройства «Диоген–700»

Для изготовления корпуса устройства «Диоген–700» применяется трубная заготовка из стали 09Г2С (аналоги 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С).

Сталь 09Г2С относится к конструкционным низколегированным сталям феррито–перлитного класса, широко используемая при производстве труб и другого металлопроката, которые работают при температуре от минус 70 до плюс 425°С под давлением. Химический состав и механические свойства стали представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С [4]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As	N
0, 08–0, 12	0, 5–0, 8	1, 3–1, 7	Не более						
			0, 30	0, 04	0, 035	0, 30	0, 30	0, 08	0, 008

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С [4]

Марка стали	Механические свойства стали			
Сталь 09Г2С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
	350	500	21	55

Стали данной группы для изготовления конструкции обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки.

1.3 Технологическая свариваемость стали 09Г2С

Свариваемостью называют свойство материалов или сочетание свойств металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

Сталь 09Г2С обладает хорошей свариваемостью, так как содержит малое количество углерода. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали изготовленные из этой марки стали при температуре от минус 70 до плюс 450°C. Также легкая свариваемость позволяет изготавливать из листового проката этой марки стали сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и других отраслей промышленности. Применяя закалку и отпуск стали из нее изготавливают качественную трубопроводную арматуру. Высокая механическая устойчивость к низким температурам также позволяет с успехом применять трубы из стали 09Г2С в северных широтах.

Стали марки 09Г2С широко используется для сварных конструкций. Сварка может производиться как без подогрева, так и с предварительным подогревом до 100–120°C. Так как углерода в стали мало, то сварка ее довольно проста, причем сталь не закаливается и не перегревается в процессе сварки, благодаря чему не происходит снижение пластических свойств или увеличение ее зернистости. К плюсам применения этой стали можно отнести также, что она не склонна к отпускной хрупкости и ее вязкость не снижается после отпуска. Вышеприведенными свойствами объясняется удобство использования стали 09Г2С в отличии от других сталей с большим содержанием углерода или присадок, которые хуже свариваются и меняют свои свойства после термообработки. Для сварки стали 09Г2С можно применять любые электроды, предназначенные для низколегированных и малоуглеродистых сталей, например, сварочные электроды типа Э42А и Э50А [5].

Механические свойства металла шва и сварного соединения зависят от их структуры, которая определяется химическим составом, режимами сварки и скоростью охлаждения сварного шва. Химический состав металла шва зависит от доли участия основного и электродного металлов в образовании металла шва и взаимодействия расплавленного металла со шлаком и газовой фазой. Максимальный эквивалент углерода трубных сталей не должен превышать 0,46%. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые, низколегированные, а также легированные стали. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле [5]:

$$C_s = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + V)}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \quad (1)$$

где С, Мп, Сг, Мо, Ni, Cu, Р – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся. Стали первой группы, хорошо свариваются без образования закалочных структур и трещин, в широком диапазоне режимов сварки и толщин металла.

Удовлетворительно сваривающиеся стали мало склонны к образованию холодных трещин при правильном выборе режимов сварки, однако в ряде случаев требуется подогрев. Ограниченно сваривающиеся стали склонны к трещинообразованию. Возможность регулирования сопротивляемости образованию трещин ограничена режимом сварки и возможностью подогрева. Плохо сваривающиеся стали весьма склонны к закалке и трещинам, и

поэтому требуют предварительного и сопутствующего подогрева, специальных технологических приемов сварки и последующей термообработки. Согласно данной квалификации, сталь 09Г2С по расчёту эквивалента углерода:

$$C_s = (0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2}) = 0,46 \% ,$$

относится к хорошо свариваемой группе.

При сварке низкоуглеродистых сталей, металл шва незначительно отличается от основного металла по составу. Это отличие в основном сводится к снижению содержания в металле шва углерода, так как металл электродной проволоки содержит его, как правило, в меньшем количестве, чем основной металл, и повышению содержания марганца и кремния.

Меньшее содержание углерода в электродной проволоке необходимо для предупреждения образования структур закалочного характера при повышенных скоростях охлаждения. Снижение прочности металла шва, вызванное уменьшением содержания в нем углерода, при дуговых способах сварки полностью компенсируется за счет увеличения скорости его остывания и легирования металла через проволоку, покрытием флюсом марганцем или кремнием. Обеспечение равнопрочности металла шва при дуговой сварке малоуглеродистой стали не вызывает затруднений.

Увеличение скорости охлаждения приводит к возрастанию прочностных и к снижению пластических свойств металла шва. Ударная вязкость металла шва уменьшается с ростом скорости охлаждения. Однако критическая температура перехода металла однослойного шва в хрупкое состояние практически не зависит от скорости охлаждения. Скорость охлаждения металла шва определяется толщиной свариваемого металла, режимом сварки и начальной температурой изделия.

Изменение механических свойств металла шва связано не только со скоростью охлаждения, но и с пластической деформацией, возникающей в металле под воздействием сварочных напряжений и вызывающей заметное

повышение предела текучести. Влияние скорости охлаждения в наибольшей степени проявляется при дуговой сварке однослойных угловых швов и последнего слоя многослойных стыковых.

Швы, сваренные на низкоуглеродистых сталях всеми способами сварки плавлением, обладают хорошей стойкостью против образования кристаллизационных трещин, что обуславливается низким содержанием углерода в шве. Появление кристаллизационных трещин связано в основном с неблагоприятной формой провара (узкая и глубокая). Для предупреждения образования в сварных швах пор, непроваров и других дефектов, свариваемые кромки перед сваркой необходимо тщательно зачищать от шлака, оставшегося после термической резки, ржавчины, масла и загрязнений [5].

Из выше приведенного следует, что при сварке низкоуглеродистых сталей можно использовать широкий диапазон скоростей охлаждения металла и соответственно широкий диапазон режимов сварки.

1.4 Сборочно–сварочное оборудование и приспособления

1.4.1 Сборочно–сварочное оборудование

В работе Рыморова К.С. [2] говорится, что при выборе конструктивной схемы сборочного или сварочного оборудования необходимо предусмотреть возможность механизации или автоматизации сварочных операций, оперативность и надежность базирования и закрепления деталей или изделия, удобство выполнения сборочных и сварочных операций.

При выполнении сборочно–сварочных операций применяются роликовые стенды. Они предназначены для вращения изделий со сварочной (регулируемой) и установочной скоростью. Стенды с регулируемой скоростью применяются для автоматической и электрошлаковой сварки круговых швов. Стенды с установочной скоростью применяются при сборке, контроле, отделке и испытаниях. Также для сварки деталей вращения применяют

вращатели. Они предназначены для вращения изделий вокруг одной оси со сварочной регулируемой скоростью или с установочной нерегулируемой скоростью. Вращатели используют для автоматической, полуавтоматической и ручной дуговой сварки кольцевых швов, наплавки цилиндрических и конических поверхностей, контактной сварки и термической резки, в случаях, когда не требуется изменять положение оси вращения изделия. При сварке больших цилиндрических изделий применяют вращатели с горизонтальной осью [2].

1.4.2 Сборочно–сварочные приспособления

Сборочно–сварочными приспособлениями называются дополнительные технологические устройства к оборудованию, используемые для выполнения операций сборки под сварку, сварку, устранения или уменьшения деформаций напряжений, а также для контроля [6].

К сборочно–сварочным приспособлениям предъявляется целый ряд требований, таких как:

- удобство в эксплуатации;
- обеспечение заданной последовательности сборки и наложения швов в соответствии с разработанным технологическим процессом;
- обеспечение заданного качества сварного изделия;
- возможность использования при конструировании и изготовлении сварочных приспособлений типовых деталей, узлов и механизмов;

Сборочно–сварочная оснастка должна обеспечивать:

- пространственное размещение деталей в свариваемом узле, исключая операцию подгонки;
- точность сборки в пределах установленных чертежом допусков;
- доступ к местам прихватки и сварки;
- надежное закрепление свариваемого изделия силовыми прижимами;

- возможность сварки в нижнем положении;
- элементы сборочно–сварочных приспособлений должны быть достаточно прочными и жесткими.

1.5 Методы сварки

1.5.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является самой старейшей и универсальной технологией дуговой сваркой [3].

Для формирования и поддержания электрической дуги к электроду и свариваемому изделию (рисунок 1) от источника питания подводится сварочный ток (постоянный или переменный).

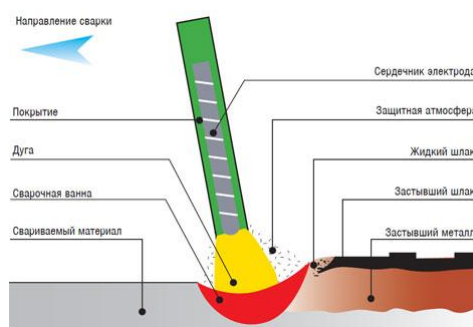


Рисунок 1 – Ручная дуговая сварка металла покрытым электродом [3]

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что ручная дуговая сварка осуществляется на прямой полярности. Когда на изделии отрицательный полюс, то полярность обратная.

Под воздействием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (главный металл).

Электродный металл в виде отдельных капель, которые покрыты шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Размеры сварочной ванны находятся в зависимости от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, размера и формы разделки свариваемых кромок и т.д. Они, как правило, находятся в границах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм [3].

Длина дуги – расстояние от активного пятна на поверхности сварочной ванны до другого активного пятна на расплавленной поверхности электрода. В итоге плавления покрытия электрода, вокруг дуги и над сварочной ванной формируется газовая атмосфера, она оттесняет воздух из зоны сварки, что позволяет избежать его взаимодействия с расплавленным металлом.

В газовой атмосфере есть пары легирующих элементов, главного и электродного металла. Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, мешает их взаимодействию с воздухом, а также содействует очищению расплавленного металла от примесей.

По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с формированием сварного шва, который соединяет свариваемые детали. На поверхности сварного шва формируется слой затвердевшего шлака.

К достоинствам ручной дуговой сварки можно отнести:

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- относительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых разных сталей благодаря большому выбору выпускаемых марок электродов; транспортабельность сварочного оборудования и простота.

К недостаткам ручной дуговой сварки относятся:

- низкая производительность и коэффициент полезного действия в сравнении с прочими технологиями сварки;

- качество соединений во многом находится в зависимости от квалификации сварщика; вредные условия процесса сварки.

1.5.2 Автоматическая и полуавтоматическая сварка металла под флюсом

При сварке металла под флюсом, сварочная дуга горит между торцом сварочной проволоки и изделием. По мере расплавления проволоки автоматически подается в зону сварки. Дуга закрыта слоем флюса.

Сварочная проволока передвигается в направлении сварки при помощи особого механизма (автоматическая сварка) или вручную (полуавтоматическая сварка). Под воздействием тепла дуги главный металл и флюс плавятся, причем флюс формирует вокруг зоны сварки эластичную пленку, которая изолирует данную зону от доступа воздуха.

Капли расплавляемого дугой металла сварочной проволоки переносятся через дуговой промежуток в сварочную ванну, где смешиваются с расплавленным главным металлом. По мере передвижения дуги вперед металл сварочной ванны охлаждается, так как поступление тепла к нему сокращается. После чего он затвердевает, формируя сварной шов [3].

Расплавляясь, флюс превращается в жидкий шлак, который покрывает поверхность металла и остается жидким еще определенное время после того, как металл уже затвердел. После чего шлак затвердевает, формируя на поверхности сварной шов.

При сварке под флюсом (рисунок 2) дуга горит между свариваемым изделием и сварочной проволокой под слоем гранулированного флюса.

Сварочный ток (постоянной обратной или прямой полярности или переменный) подводится к проволоке при помощи скользящего контакта, а к изделию – непрерывным контактом.

Сварочная дуга горит в газовом пузыре, который формируется в результате плавления флюса и металла.

Кроме того, расплавленный металл защищается от внешней среды слоем расплавленного флюса. По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и формирует шлаковую корку, которая потом легко отделяется от поверхности сварного шва.

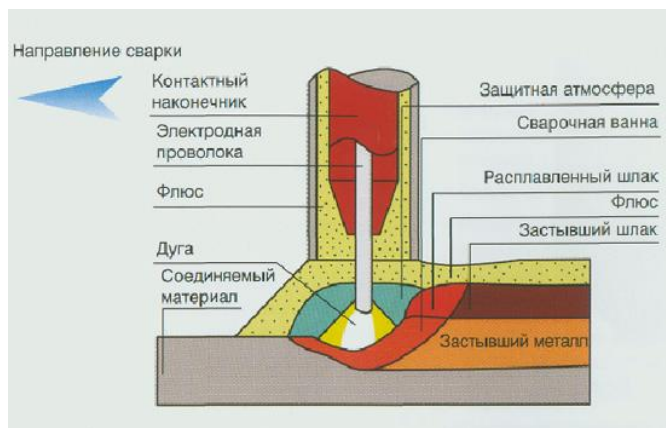


Рисунок 2 – Сварка под флюсом [3]

Достоинства автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом:

- облегчение труда сварщика;
- увеличение выработки в 5–10 раз, а при сварке на больших токах в 10–20 раз;
- хорошее формирование и высокое качество сварного шва;
- сварные швы имеют большую ударную вязкость, пластичность, прочность;
- угар и разбрызгивание металла составляет всего 1–3% от массы электродной проволоки;
- возможность сваривать металл относительно большой толщины (до 20 мм) без разделки кромок;
- относительно небольшой расход сварочной проволоки и электроэнергии и низкая общая стоимость сварки;

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом имеет и ряд значительных недостатков:

- нельзя осуществлять сварку в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях в пространстве;
- сварка не действенна при коротких швах;
- нельзя сваривать разнотолщинные и тонкие (менее 1,5 мм) заготовки [3].

1.5.3 Электрошлаковая сварка металла

При электрошлаковой сварке (рисунок 3) тепло, нужное для плавления свариваемого металла, формируется за счет прохождения электрического тока через расплавленный шлак, который состоит из оксидов галоидов или их смесей [3].

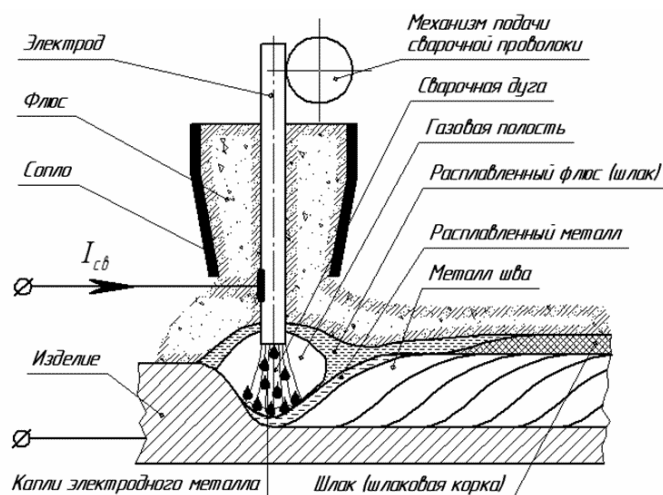


Рисунок 3 – Электрошлаковая сварка металла [3]

Две свариваемые детали устанавливаются вертикально с зазором между кромками. Зазор с двух сторон закрывают медные водоохлаждаемые ползуны. Снизу зазор также прикрывается особым карманом. В зазор засыпается сварочный флюс и опускается сварочная проволока.

В ходе сварки проволока подается вниз роликами, подвод тока реализуется мундштуком. За счет прохождения тока между проволокой и изделием флюсом нагревается и расплавляется. Расплавленный флюс

формирует шлак, который, будучи электропроводным, является источником тепла, который приводит к расплавлению проволоки и кромок и формированию сварочной ванны.

Электрическая дуга отсутствует, так как она шунтируется расплавленным шлаком. Процесс сварки идет снизу–вверх.

Ползуны, охлаждаемые водой через трубки, передвигаются вверх вместе со сварочным автоматом и формируют сварной шов. Расплавленный флюс создает одновременно защиту сварочной ванны и участвует в металлургических процессах, обеспечивающих нужное качество сварного шва.

Расход флюса при этом способе сварки невелик и не превосходит 5% массы наплавленного металла. Флюс применяется такой же, как и для дуговой сварки, или особый. Достоинства электрошлаковой сварки:

- применение в промышленности для соединения металлов увеличенной толщины: стали и чугуна разного состава, меди, алюминия, титана и их сплавов;
- сварку осуществляют без снятия фасок на кромках;
- возможность применения одного или нескольких проволочных электродов или электродов другого повышенного сечения. В результате чего достигается высокая производительность и экономичность процесса, повышающиеся с повышением толщины свариваемого металла.

К недостаткам этого вида сварки необходимо отнести то, что электрошлаковая сварка технически возможна при толщине металла свыше 16 мм и за редкостными исключениями экономически целесообразна при сварке металла толщиной свыше 40 мм [3].

1.5.4 Механизированная сварка в среде защитного газа

Механизированная сварка в среде защитного газа плавящимся электродом (рисунок 4) – дуговая сварка с применением газов для защиты места сварки от воздействия атмосферных газов.

Данным видом сварки осуществляется ручная сварка, полуавтоматическая, автоматическая в различных пространственных положениях, черных и цветных металлов и сплавов толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

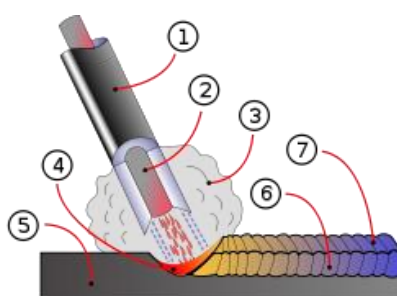


Рисунок 4 – Сварка в защитных газах: 1 – горелка, 2 – электрод, 3 – защитный газ, 4 – место расплава металла, 5 – заготовка, 6, 7 – сварной шов [3]

При выполнении сварки в зону дуги через сопло горелки подается защитный газ. Электрическая дуга расплавляет главный металл и электродную проволоку или электрод. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, формирует шов.

Дуговая сварка в защитных газах делится по виду применяемых газов на сварку: в инертных газах; в активных газах; в смеси инертных и активных газов; со струйной защитой.

Инертные газы используются при сварке химически активных металлов, активные газы применяют, когда свойства металла создаются металлургической обработкой. Газовые смеси увеличивают устойчивость дуги, улучшают форму сварного шва, сокращают разбрызгивание металла.

По виду дуги дуговая сварка в защитных газах делится на сварку: постоянной дугой; импульсной дугой [3].

В зависимости от типа электродов – сварка осуществляется неплавящимся (вольфрамовым) или плавящимся электродом. Для сварки неплавящимся электродом применяются инертные газы.

Достоинства механизированной сварки:

- высокое качество соединения при работе с различными металлами и сплавами вне зависимости от пространственного положения детали;
- большой диапазон толщин свариваемого металла – от десятой доли до нескольких десятков миллиметров;
- возможность визуального контроля сварочной дуги и сварочной ванны, процесса формирования сварочного шва;
- узкая зона термического воздействия;
- высокая производительность работ.

К минусам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится потребность использования защитных мер против световой и тепловой радиации дуги, применения защитных газов [3].

1.6 Напряжения и деформации в металле

В результате местного нагрева металла, обусловленного воздействием концентрированного источника теплоты, в сварной конструкции возникают временные и остаточные напряжения. Временные сварочные напряжения наблюдаются только в определенный момент сварки в процессе изменения температуры. Напряжения, существующие после окончания сварки конструкции и полного ее остывания, называют остаточными сварочными напряжениями. Они возникают в результате затруднений расширения и сжатия металла при его нагреве и остывании.

Затрудненность расширения и сжатия металла обусловлена тем, что нагретый участок со всех сторон окружен холодным металлом, размеры которого не претерпевают никаких изменений. Реактивные остаточные напряжения возникают в связи с дополнительным закреплением свариваемых

деталей, также препятствующим нормальному протеканию процессов расширения и сжатия. Структурные напряжения возникают в конструкции вследствие структурных превращений участков металла околошовной зоны, нагретых в процессе сварки до температуры выше критических точек [7].

В зависимости от пространственного расположения и взаимодействия различают сварочные напряжения: линейные или одноосные, действующие только по одной оси в одном направлении (рисунок 5, а), плоские или двухосные, действующих в двух направлениях (рисунок 5, б) и объемные или трехосные, действующие в трех направлениях (рисунок 5, в).

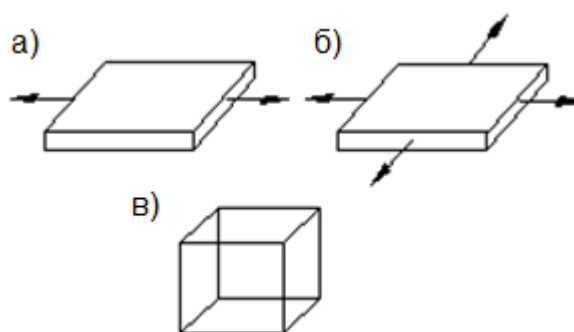


Рисунок 5 – Различные виды напряженного состояния напряжения: а – линейные; б – плоскостные; в – объемные сварочные [7]

По направлению действия различаются продольные и расположенные поперек оси шва линейные сварочные напряжения (рисунок 6).

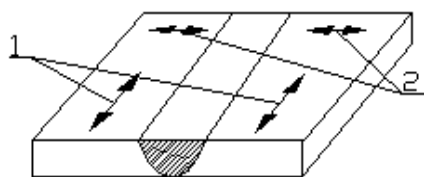


Рисунок 6 – Продольные (1) и поперечные (2) напряжения в сварном соединении [7]

Возникающие при сварке деформации разделяют на временные, существующие только во времени сварки конструкции, и остаточные, остающиеся после завершения сварки и остывания конструкции. Важное значение для практики имеют остаточные сварочные деформации.

В зависимости от характера и формы, размеров свариваемых деталей различают деформацию в плоскости и деформацию из плоскости соединяемых элементов.

Величина и характер остаточных деформаций в значительной степени определяют толщиной и свойствами основного металла, режимом сварки, последовательностью наложения швов, конструктивными формами свариваемых деталей и формой шва. Существенное влияние на величину деформации оказывает значение коэффициента линейного расширения металла. При повышении коэффициента линейного расширения величина остаточных деформаций увеличивается. Изменение размеров и формы сварной конструкции в некоторых случаях снижает ее работоспособность и портит ее внешний вид. Если остаточные деформации достигают заметной величины, они могут привести к неисправимому браку.

При разработке, технологии сборки и сварки конструкции из данных сталей следует учитывать необходимость снижения остаточных деформаций до величины, при которой они не отражаются на работоспособности и внешнем виде конструкции и не затрудняют сварку отдельных элементов. Для полного снятия напряжений сварное соединение подвергают термообработке.

Существуют два метода снятия напряжений в металле.

1. Термопластический метод снятия напряжений. Метод основан на создании пластических деформаций в зоне шва, что осуществляется путем нагрева смежных со швом участков основного металла. Снятие напряжений достигается только при тщательной регулировке источника нагрева и определенной скорости перемещения его вдоль шва. Сварочные напряжения могут быть сняты почти полностью, если в шве и около шовной зоне создать дополнительные пластические деформации. Это достигается проковкой швов. Проковку производят в процессе остывания металла при температурах 450°C и выше либо от 150°C и ниже. В интервале температур $400\text{--}200^{\circ}\text{C}$ в связи с пониженной пластичностью металла при ее проковке возможно образование

надрывов. Удары наносят вручную молотком массой 0, 6–1, 2 кг с закругленным бойком или пневматическим молотком с небольшим усилием. Этот прием применяют для снятия напряжений при заварке трещин и замыкающих швов в жестких конструкциях. Проковка сварного соединения также способствует повышению усталостной прочности конструкции.

2. Устранение деформации путем термической правки. При термической правке нагрев производят газокислородным пламенем либо электрической дугой неплавящимся электродом. Температура нагрева деформированного участка при термической правке составляет 750–850°C. Нагретый участок стремится расшириться, однако окружающий его холодный металл ограничивает возможность расширения, в результате чего возникают пластические деформации сжатия. После охлаждения линейные размеры нагретого участка уменьшаются, что приводит к уменьшению или полному устранению деформаций [7].

1.7 Классификация и выбор методов контроля качества сварки

При контроле качества сварных соединений и изделий применяют различные методы испытаний. Обычно по воздействию на материал или изделие эти методы группируют по двум классам:

- методы разрушающего контроля (РМК);
- методы неразрушающего контроля (НРМК).

1.7.1 Методы разрушающего контроля

Разрушающие испытания проводят обычно на образцах–свидетелях, на моделях и реже на самих изделиях (на штатных образцах). Образцы–свидетели сваривают из того же материала и по той же технологии, что и производственные сварные соединения. Эти испытания позволяют получить

числовые данные, прямо характеризующие прочность, качество или надежность сварного соединения.

Согласно ГОСТ 6996–66 [14] механические испытания соединений и металла шва проводят на статическое растяжение, изгиб, сплющивание и т.п.

По характеру нагрузки предусматривают:

- статические;
- динамические;
- усталостные испытания.

Методы контроля параметров процесса сварки и методы «безобразцовых» испытаний механических свойств сварных соединений составляют отдельные группы. При выделении этих групп имеется в виду, что контроль параметров технологического процесса предназначен непосредственно оценить качество сварных соединений.

1.7.2 Методы неразрушающего контроля

Неразрушающие испытания осуществляют обычно на самих изделиях. При этом оценивают те или иные физические свойства, лишь косвенно характеризующие прочность и надежность соединения. Эти свойства связаны обычно с наличием дефектов и их влиянием на передачу энергии или движение вещества в материале изделия [8].

Физические методы контроля дефектов часто называют дефектоскопией. Они делятся на две группы:

- методы, связанные с использованием передачи энергии;
- методы, использующие движение вещества.

Следует отметить, что согласно ГОСТ 18353–73 [15] методы неразрушающего контроля в зависимости от физических явлений, положенных в их основу, подразделяют на 10 основных видов:

- акустические;

- капиллярные;
- магнитные;
- оптические;
- радиационные;
- радиоволновые;
- тепловые;
- течеисканием;
- электрические;
- электромагнитные (вихревыми токами).

Кроме основного классификационного признака – характера физических полей или движущихся масс, взаимодействующих с контролируемым объектом, все существующие виды неразрушающего контроля классифицируют по следующим признакам:

- по характеру взаимодействия физических полей или веществ контролируемым объектом;
- по первичным информативным параметрам;
- по способам индикации первичной информации;
- по способам представления окончательной информации.

В настоящее время при контроле сварных соединений и изделий применяют в той или иной мере все перечисленные выше способы контроля качества. Однако не один из них не универсален. Поэтому важен не только правильный выбор метода контроля, но и комбинирование ряда методов, сочетание неразрушающих и разрушающих испытаний.

1.7.3 Оценка чувствительности методов

Чувствительность к обнаружению дефектов для каждого метода контроля измеряют по - разному, и она может колебаться в широких пределах в зависимости от ряда факторов:

- методов, средств и условий контроля;
- конструкции (типа, размеров, формы) и материалов, используемых в соединении;
- технико–экономических требований к соединениям.

Целесообразно иметь в виду определения чувствительности, единые для всех видов неразрушающих методов контроля:

Предельная чувствительность – характеризует наименьшие (предельные) размеры эталонной модели дефекта, оптимальной по выявляемости, обнаруживаемой при заданной настройке аппаратуры.

Реальная чувствительность – характеризует наименьшие размеры реального дефекта, обнаруживаемого в контролируемом сварном соединении. Определяется на основании сравнения результатов дефектоскопии и вскрытия реальных соединений с дефектами.

Условная чувствительность – характеризует наименьшие размеры уверенно обнаруживаемой условной модели дефекта, выполненной в эталонном образце.

Для количественной оценки результатов дефектоскопии требуется четкое представление о чувствительности каждого метода. В ряде случаев, особенно для целей приемочного контроля, необходимо также знать достоверность дефектоскопической информации, т.е. связь ее с наличием реальных дефектов в сварных соединениях.

В то же время для обеспечения требуемой чувствительности важно, чтобы сварное соединение было спроектировано «дефектоскопичным», т.е. пригодным для контролирования. В понятие дефектоскопичности (по аналогии с технологичностью) входит доступность соединения для контроля, качество поверхности, учет влияния структуры металла, возможность выявления характерных дефектов и т.п. Самые чувствительные приборы и современная техника дефектоскопии бесполезны, если их нельзя рационально

использовать из-за специфических недостатков конструкции стыка или несовершенства технологии сварки.

Рассмотренные основные характеристики и особенности применения различных методов контроля облегчают их выбор для оценки качества сварных соединений.

Главными критериями при этом должны быть:

- выявляемость наиболее опасных дефектов данным методом;
- стоимость и производительность контроля.

Во многих случаях ни один из имеющихся методов не позволяет оптимизировать все критерии одновременно. Тогда применяют комплексный контроль – сочетание в том или ином объеме различных методов. Оптимальным будет такое их сочетание, которое обеспечивает достаточно высокое качество соединений при минимальных затратах и высокой производительности контроля [9].

1.8 Дефекты сварных соединений

1.8.1 Наружные дефекты

К наружным дефектам относятся: дефекты формы шва, прожоги, кратеры, наплывы, подрезы, непровары по кромке (не заполнение шва), трещины и поры, выходящие на поверхность металла. В основном наружные дефекты можно обнаружить при внешнем осмотре [8].

Неравномерность формы шва – при ручной дуговой сварке появляется вследствие неустойчивого режима сварки, неточного направления электрода относительно разделки, неравномерности зазора и угла скоса кромок, а так же в местах расположения прихваток. Этот дефект обычно возникает в результате недостаточной квалификации сварщика.

Подрезы – дефекты сварного соединения, представляющие собой местные уменьшения толщины основного металла в виде канавок, располагающихся вдоль границ сварного шва. Подрезы относятся к наиболее

часто встречающимся наружным дефектам. Они возникают в результате большого сварочного тока, длинной дуги и в случае неточного ведения электрода, так как при этом возрастает ширина шва, и сильнее оплавляются кромки. Подрезы уменьшают рабочее сечение (толщину металла шва), вызывают концентрацию напряжений и могут стать причиной разрушения швов из-за появления трещин у края подреза. Данный дефект выявляют внешним осмотром и если глубина и протяженность превышают допустимые, то дефектный участок заваривают и зачищают.

Наплывы – дефекты сварного соединения, когда металл шва натекает на основной металл, но с ним не сплавляется. Чаще всего образуются при сварке горизонтальными швами вертикальных поверхностей в результате натекания жидкого металла на кромки холодного основного металла. Причинами возникновения наплывов являются: большая величина сварочного тока, длинная дуга, наличия на свариваемых кромках толстого слоя окислы, излишнего количества присадочного металла, не уместающегося в разделке или зазоре. При сварке с принудительным формированием наплывы возникают при неплотном поджатии ползунов. В кольцевых поворотных стыковых швах появление наплывов вызывается неправильным расположением электрода относительно зенита. Наплывы могут иметь небольшую длину или быть протяженными.

Прожоги – это проплавление основного или наплавленного металла с возможным образованием сквозных отверстий. Причиной возникновения прожога может служить большая сила сварочного тока, увеличение зазора между кромками, недостаточное притупление кромок, малая толщина подкладной полосы или ее неплотное прилегание. Наиболее часто прожоги появляются при сварке тонкого металла и выполнения первого прохода многослойного шва. При сварке поворотных кольцевых швов появлению прожогов способствует смещение электрода от зенита в сторону вращения изделия, что вызывает стекание жидкого металла из-под конца электрода и

более активное прожигающее воздействие дуги. Дефектные места должны быть удалены и заварены заново.

Кратеры – дефекты сварных швов в виде углублений, остающихся в местах обрыва дуги. Усадочные рыхлоты в кратерах часто служат очагом образования трещин. Поэтому дефектные места должны быть зачищены и заварены. В случае механизированных видов сварки применяют выводные планки, на которых заканчивают швы. Затем планки с концами швов и имеющимися кратерами удаляют. В электрических схемах автоматов предусматривают такие элементы, которые обеспечивают возможность автоматической заварки кратера.

Свищи – дефекты в виде полостей в сварных швах, выходящие на их поверхность. Свищи, как правило, развиваются из канальных пор.

1.8.2 Внутренние дефекты

Образование внутренних дефектов при сварке связано с металлургическими, термодинамическими явлениями, происходящими при формировании сварного шва.

В соответствии с ГОСТ 23055–78 [16] к внутренним дефектам относятся: трещины (горячие и холодные), непровары в корне шва и между валиками наплавленного металла, внутренние поры, шлаковые и окисные включения, пережог металла.

Наиболее опасными недопустимыми дефектами в сварных швах являются трещины, представляющие собой межкристаллические разрушения, образующие полости с очень малым начальным раскрытием. Под действием остаточных и рабочих напряжений трещины могут распространяться с высокими скоростями. Поэтому вызванные ими хрупкие разрушения происходят почти мгновенно и очень опасны.

В зависимости от температуры, при которой происходит их возникновение, различают горячие и холодные трещины. Эти дефекты

являются недопустимыми в сварных соединениях. Основными причинами образования трещин могут быть неправильно выбранная технология или плохая техника сварки.

Горячие трещины появляются в процессе кристаллизации металла шва при температуре 1100–1300°C. Их образование вызывается наличием полужидких прослоек между кристаллами наплавленного металла шва в конце его затвердевания и действия в нем растягивающих усадочных напряжений. Они бывают продольными и поперечными по отношению к оси шва [8].

Холодные трещины возникают при температурах 100–300°C в легированных сталях и при нормальных температурах – в углеродистых сталях сразу после остывания или через длительный промежуток времени. Холодные трещины выходят на поверхность шва и хорошо заметны.

Непровары – это участки сварного соединения, где отсутствует сплавление между свариваемыми деталями, например, в корне шва, между основным и наплавленным металлом (по кромке) или между смежными слоями наплавленного металла.

Поверхности непроваров обычно покрыты тонкими окисными пленками и другими загрязнениями. Очень часто полости, образованные непроварами, заполняются шлаком. Непровары уменьшают рабочее сечение сварного шва, что может привести к разрушению шва. Являясь концентраторами напряжений непровары могут вызвать появление трещин, уменьшить коррозионную стойкость сварного соединения, привести к коррозионному растрескиванию.

Непровары могут быть вызваны следующими причинами [9]:

- малым углом раскрытия кромок;
- малым зазором;
- большим притуплением при недостаточной силе тока;
- смещением электрода от оси шва;

- плохой очистке шлака перед наложением последующих слоев;
- низкой квалификацией сварщика.

Поры – это полости в металле шва, заполненные газом. Обычно они имеют сферическую или близкую к ней форму. В сварных швах углеродистых сталей поры зачастую имеют трубчатую форму. Размеры пор колеблются от микроскопических до 2–3 мм в диаметре, и за счет диффузии газа могут расти. Образуются раковины (полости неправильной формы), а так же свищи, выходящие на поверхность. Кроме одиночных пор, вызванных действием случайных факторов, в сварных швах могут появляться поры, равномерно расположенные по всему сечению шва или расположенные в виде цепочки или отдельных скоплений. В малом количестве поры могут не влиять на прочность соединений.

Основной причиной появления пор при сварке сталей является азот, водород и окись углерода, образующиеся в результате отклонения химического состава металла шва от заданного из-за снижения в нем кремния и марганца. Другими причинами могут служить: сварка при плохой погоде; плохая очистка свариваемых кромок от различных загрязнений; большая скорость сварки.

Шлаковые включения – это полости в металле сварного шва, заполненные шлаками, не успевающими всплыть на поверхность шва. Размеры шлаковых включений могут достигать нескольких мм в поперечном сечении и десятков и более мм по протяженности. Форма шлаковых включений может быть самой разнообразной и, вследствие чего они являются более опасными дефектами, чем округлые поры. Обычно шлаковые включения располагаются на границе сплавления основного металла с наплавленным, а при многослойной сварке – на поверхности предыдущих слоев.

Шлаковые включения образуются из-за неполного удаления шлака при многослойной сварке, некачественных электродов (кусочки покрытия попадают в сварочную ванну), из-за плохой очистки свариваемых кромок от

ржавчины, окалины и других загрязнений. Недостаточный сварочный ток и чрезмерно большая скорость сварки также могут вызвать появление шлаковых включений.

Шлаковые включения ослабляют сечение шва, уменьшают его прочность и являются зонами концентрации напряжений.

Вольфрамовые включения могут появляться в металле сварного шва при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, например, алюминиевых сплавов, в которых вольфрам не растворим. Частички вольфрама, попадающие вследствие неустойчивости режима в расплавленную сварочную ванну, обычно погружаются в нее из-за большой плотности. На рентгеновских снимках вольфрамовые включения выглядят как ясно видимые светлые пятна неправильной формы, располагающиеся изолированно или группами.

Неметаллические включения в металле шва – это макро и микроскопические частицы соединений металла с кислородом (оксидов), азотом (нитридов), серой (сульфидов), фосфором (фосфидов), а также шлака, покрытий и др. Неметаллические включения могут образоваться в результате происходящих в металле процессов, например химических реакций, а также при попадании инородных частиц извне. Могут возникать в металле сварных швов при наличии труднорастворимых окислов, например Al_2O_3 при больших скоростях кристаллизации шва. Располагаясь в виде пленок, они образуют в металле шва несплошности с малым раскрытием, и их неблагоприятное воздействие на механические свойства сварных швов может быть более сильным, чем пор и шлаковых включений [9].

1.9 Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах

Одной из важных проблем эксплуатации резервуаров является их очистка. На днищах резервуаров с течением времени при длительной

эксплуатации накапливается осадок, сокращающий полезную емкость и затрудняющий эксплуатацию резервуаров. Для надежной эксплуатации резервуаров их необходимо периодически очищать от накопившегося осадка [10].

Периодичность очистки резервуаров с нефтепродуктами устанавливается ГОСТ 1510–84 [17].

Способы очистки резервуаров и емкостей подразделяются на три вида: ручной, механический (механизированный) и механизированный способ очистки с применением моющих средств [11].

При ручном способе очистки емкость после удаления твердых остатков пропаривают, промывают горячей 30–50°C водой из пожарного ствола при давлении (0, 2–0, 3) МПа. Промывочную воду с оставшимся нефтешламом откачивают насосом.

Механизированный способ очистки танков на танкерах широко применяется в нашей стране и за рубежом. При механизированном способе очистки загрязнение поверхности отмывают горячей или холодной водой, подаваемой под давлением через специальные моечные машинки – гидромониторы. Первые опыты применения механизированной очистки осуществили в 30^{-х} гг. на судах парохозяйства «Совтанкер».

Химико–механизированный способ очистки резервуаров с применением растворов моющих средств способствует повышению качества очистки, интенсивности процесса очистки, характеризуется незначительной степенью применения ручного труда.

Взрыво– и пожароопасность очищаемого резервуара зависит не только от свойств моющего раствора, но и от свойств нефтеостатков, которые в процессе очистки активизируются и существенно изменяют состав газовой среды, что может привести к опасным концентрациям паров в воздухе. Поэтому целесообразно нефтеостатки разжижать самой нефтью и удалять

вместе с ней, что осуществляется на практике, при размыве донных парафинистых осадков.

С применением нефти в качестве моющего средства исключается применение специальных химических реагентов и решается проблема регенерации промывочного раствора и утилизации нефтеостатков путем сбора их в системе транспорта нефти.

В нефтяной промышленности известен ряд конструкций механических очистных устройств [11], включающих управляемые скребки, предназначенные для очистки днища резервуара и подъемные устройства (средства) для удаления грязевой массы из резервуара. Однако при очистке с помощью этих устройств возникает ряд осложнений: работа подъемных средств часто сопровождается ударами о стенки резервуаров, размыв донного остатка происходит неравномерно, вследствие чего остается неудаленная масса и т.п.

В США был предложен способ извлечения донного осадка из резервуаров с нефтепродуктами и последующей обработки извлеченной массы для регенерации некондиционного продукта. Фирмой Nalw Chemical (США) разработана новая технология очистки нефтяных резервуаров, предусматривающая использование растворителя парафина и диспергирующего агента в сочетании с перемешиванием и подогревом водо–грязевого отстоя [10].

В конце 80^{-х} годов начал применяться способ размыва донных отложений, при котором объем нефти внутри резервуара приводится в интенсивное движение с помощью специальных устройств (миксеры, мешалки). Размыв отложений осуществляется подвижной затопленной струей.

Смесительные устройства обычно устанавливают в резервуарах, часто получающих высоковязкую или загрязненную сырую нефть. Их назначение – не допускать образования осадков в нижней зоне резервуара, поддерживая во взвешенном состоянии тяжелые и вязкие компоненты нефти.

Винтовые смесители устанавливаются под нижним уровнем опускания плавающей крыши резервуара напротив всасывающих и нагнетательных патрубков на угловом расстоянии друг от друга в 60° . Положение вала винта смесителя в горизонтальной плоскости может меняться на 30° , что дает возможность улучшить зачистку дна резервуара.

В настоящее время имеется большое количество подобных устройств. Из отечественных аналогов заслуживает внимания устройство для размыва донных отложений «Диоген» производитель АО «ТОМЗЭЛ» и «Тайфун» ООО НПО «Сибирский Машиностроитель». Работа подобных устройств не влияет на прочность конструкции плавающего покрытия, в том числе не происходит накопление статического электричества.

Наиболее оптимальным является стационарное оснащение каждого резервуара устройствами размыва донных отложений, что позволяет сохранять их длительное время в работоспособности [12].

1.10 Постановка задачи

Согласно проведенному аналитическому обзору источников литературы, в настоящее время в промышленности существует большое количество способов сварки. Современный технический прогресс не стоит на месте, для повышения производительности сборочных и сварочных работ необходимо внедрять механизацию и автоматизацию производственных процессов, а так же использовать более производительные способы сварки.

Выбор сборочного оборудования и способа осуществления сварки, в каждом конкретном случае обязан осуществляться с учетом ряда факторов, основными из которых являются: свойства свариваемого металла; толщина материала, из которого производится конструкция (изделие); габариты конструкции (изделия); экономическая действенность.

Наиболее приемлемым с точки зрения рассмотренных достоинств и недостатков различных способов сварки, учитывая объем выпускаемой продукции, является механизированная сварка в среде защитного газа,

используемая в комплексе со сварочным вращателем. Предложенный способ сварки и оборудование, позволит получить качественные сварные соединения с необходимыми нам свойствами, технологичностью и наименьшими затратами времени и сил, что обеспечит экономическую целесообразность данного нововведения.

Целью данной дипломной работы является модернизация действующей на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» технологии сборки и сварки корпуса устройства для размыва донных отложений в резервуарах с нефтью «Диоген-700». Для ее усовершенствования необходимо механизировать и автоматизировать сборочные, сварочные, поворотные операции.

Задачами дипломной работы в связи с указанной целью являются:

1. Проведение сравнительного анализа ручной дуговой сварки плавящимся электродом и полуавтоматической сварки в среде защитного газа и выбор наиболее действенного способа, который поможет снизить трудоемкость и себестоимость сварочных работ.

2. Подбор сварочного оборудования и сварочных материалов.

3. Подбор оборудования и приспособлений для осуществления сборки под сварку.

4. Разработка нового технологического процесса сборки и сварки корпуса изделия при использовании оптимального сборочного оборудования и новой сварочной технологии.

5. Исследование экономической целесообразности новой технологии сварки.

2 Объект и методы исследования

2.1 Назначение, принцип работы, особенности и технические характеристики изделия «Диоген–700»

Назначение. Известно, что при хранении нефти и продуктов ее переработки часто используют стальные вертикальные цилиндрические резервуары [12]. Во время эксплуатации на днищах резервуаров могут образовываться и накапливаться значительные количества осадков, состоящих в основном из парафина. Вследствие этого уменьшается полезная вместимость емкостей, оборачиваемость резервуарных парков, увеличивается стоимость хранения нефти из-за необходимости вывода резервуаров из эксплуатации и производства работ по их зачистке.

Чтобы справиться с данной проблемой конструкторским бюро АК «Транснефть» было разработано устройство «Диоген–700» (Рисунок 7), предназначенное для размыва и перемешивание донных отложений в резервуарах с нефтью. Оно устанавливается на первом поясе на крышке овального или круглого люков–лазов и эксплуатируются во взрывоопасных зонах класса В1а.



Рисунок 7 – Устройство для размыва донных отложений в резервуарах с нефтью «Диоген–700» [12]

Принцип работы. Устройство имеет автоматический привод возвратного углового перемещения вала и может работать непрерывно в течение нескольких суток. Принцип работы «Диоген–700» заключается в образовании направленной затопленной струи нефти, создаваемой пропеллером и ее углового возвратного движения над днищем резервуара. Это обеспечивает процесс перемешивания, при котором тяжелые парафинистые осадки и механические примеси взвешиваются в общей массе нефти и затем удаляются путем откачивания нефти из резервуара в магистральный нефтепродуктопровод.

Для резервуаров объемом до 20000 м³ достаточно одного устройства, объемом 50000 м³ – двух устройств.

По опыту эксплуатации 96% донных отложений высотой до 90 см в РВС 20000 удаляются за 98 часов непрерывной работы устройства.

Особенности и технические характеристики изделия «Диоген–700»:

- устройство оснащено системой контроля и сигнализации СКС–07;
- высокая надежность и долговечность за счет применения в конструкции коррозионностойких сталей и волновых редукторов с промежуточными телами качения;
- размыв и перемешивание донных отложений в резервуаре перемещающейся струей нефти, формируемой пропеллером;
- автоматическое изменение направления струи нефти в горизонтальной плоскости за счет поворота оси пропеллера;
- создание кругового вращения всей массы нефти в резервуаре при работе устройства в крайних угловых положениях вала пропеллера.

Система контроля и сигнализации (СКС) обеспечивает:

- включение и отключение изделия с местного поста управления;
- контроль параметров изделия (наличие вращения вала пропеллера, величину вибрации крышки люка–лаза, температуру обмоток и корпуса

электродвигателя, наличие протечек через торцевое и сферическое уплотнение);

- сигнализацию выхода вышеуказанных параметров за заданные пределы с выдачей звукового и светового сигналов на местном poste управления и по последовательному интерфейсу RS–485 с протоколом обмена Modbus RTU на пульт оператора;
- отключение изделий при выходе контролируемых параметров за заданные пределы.

Таблица 3 – Технические характеристики изделия [12]

Максимальный диаметр пропеллера, (мм)	700
Скорость вращения пропеллера, (об/мин)	460
Максимальная длина затопленной струи нефти, (м)	45
Максимальный угол поворота вала пропеллера в горизонтальной плоскости не менее, (угл. град)	60
Время поворота вала пропеллера в пределах 60°, (час)	5
Питающее напряжение, (В)	380±10...15%
Электродвигатель (ЭД) АИМР–160	
– потребляемая мощность, (кВт)	18, 5
– степень защиты оболочки ЭД	IP54
Габариты, Д×Ш×В, (мм)	1800×700×1030
Срок службы, (лет)	15
Климатическое исполнение Y2,	5
Масса изделия, (кг)	400

2.2 Характеристика сварного узла

Корпус (рисунок 8 и 9) является составной частью устройства для размыва донных отложений в резервуарах с нефтью «Диоген–700» и предназначен для защиты расположенных в нем деталей от воздействий

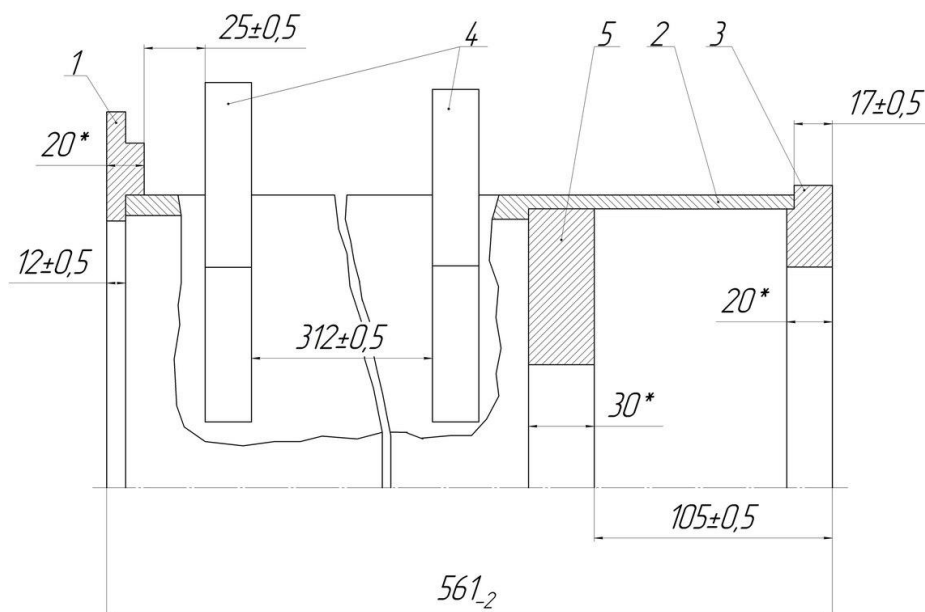
внешней среды, установки на нем двигателя и подвижных элементов механизма.



Рисунок 8 – Корпус устройства «Диоген–700»



Рисунок 9 – Корпус устройства «Диоген–700».



* – Размеры для справок

Рисунок 10 – Схема сборки изделия под сварку

Данный узел (рисунок 10) представляет собой корпус (позиция 2) изготовленный из трубной заготовки диаметром 273 мм, два фланца: диаметром 276 мм (позиция 1) и 259.5 мм (позиция 3), две установочных плиты (позиция 4), стенка (позиция 5).

2.3 Материал сварной конструкции корпуса «Диоген–700»

Для изготовления корпуса устройства «Диоген–700» применяется трубная заготовка из стали 09Г2С (аналоги 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С).

Сталь 09Г2С относится к конструкционным низколегированным сталям феррито–перлитного класса, широко используемая при производстве труб и другого металлопроката, которые работают при температуре от минус 70 до плюс 425°С под давлением.

Так как , данная сталь относится к хорошо свариваемой группе, это дает возможность изготавливать из листового проката этой марки стали сложные конструкции для химической, нефтяной, строительной, судостроительной и прочих отраслей.

Химический состав и механические свойства представлены в таблицах 4 и 5, соответственно.

Таблица 4 – Химический состав стали 09Г2С, в процентах[4]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As	N
0, 08–0, 12	0, 5–0, 8	1, 3–1, 7	Не более						
			0, 30	0, 04	0, 035	0, 30	0, 30	0, 08	0, 008

Таблица 5 – Механические свойства стали 09Г2С [4]

Марка стали	Механические свойства стали			
Сталь 09Г2С	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %
	350	500	21	55

Стали этой группы для изготовления конструкций обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки.

2.4 Действующий на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» технологический процесс сборки и сварки корпуса изделия «Диоген–700»

Устройство «Диоген–700» изготавливается в соответствии с требованиями стандартов и норм проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000–50000 м³ РД 16.01–60.30.00–КТН–026–1–04 [18].

1) В соответствии со схемой сборки изделия под сварку (рисунок 10) выполняется комплектовочная операция:

- фланец – 1 шт. (позиция 1)
- корпус – 1 шт. (позиция 2)
- фланец – 1 шт. (позиция 3)
- плита – 2 шт. (позиция 4)
- стенка – 1 шт. (позиция 5)

Детали протираются от грязи, масла и пыли.

2) После выполнения данных мероприятий выполняется сборочно–сварочная операция:

- Стенка (позиция 5) устанавливается фаской с углом 50 градусов вверх в отверстие диаметром 260 мм корпуса (позиция 2) до упора в торец без перекоса, в 3^{-х}, 4^{-х} местах выполняются прихватки электродом LB-52U диаметр 4 мм. Производится РДС сплошным швом согласно ГОСТ 5264–80 [19].
- Фланец (позиция 3) диаметром 259.5 мм устанавливается в отверстие диаметром 260 мм корпуса (позиция 2) до упора в торец без перекоса, в 3^{-х}, 4^{-х} местах выполняются прихватки электродом LB-52U диаметр 4 мм. Производится РДС сплошным швом.
- Фланец (позиция 1) диаметром 276 мм устанавливается на наружный диаметр корпуса (позиция 2) до упора в левый торец без перекоса, в 3^{-х}, 4^{-х} местах выполняются прихватки электродом LB-52U диаметр 4 мм. Производится РДС сплошным швом.
- В оправку собираются две плиты (позиция 4), выдерживая размер 312 мм. Далее оправка с плитами (позиция 4) устанавливается на наружный диаметр корпуса (позиция 2) выдерживая размер 25 мм от левого фланца (позиция 1) в соответствии со сборочным чертежом. В 3^{-х}, 4^{-х} местах выполняются прихватки электродом LB-52U d=4. Производится РДС сплошным швом.

На сварных швах не допускаются подрезы, непровары наплывы и другие дефекты.

- Оправка снимается с детали.

3) По окончанию сварки, выполняется слесарная операция:

- производится зачистка сварных швов до плавного перехода с основным металлом.

4) Выполняется визуально–измерительный контроль (ВИК) [20].

2.5 Границы исследования объекта

Границы исследования объекта – корпуса устройства «Диоген–700» , охватывают технологический процесс изготовления изделия и его экономическую часть.

Внедрение современного сборочно–сварочного оборудования и более прогрессивных методов сварки, поможет предприятию АО "ТОМЗЭЛ" повысить качество, увеличить объем выпускаемой продукции, снизить трудоемкость выполняемых работ и себестоимость продукции, а также накладные расходы на единицу продукции.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Выбор сборочно–сварочного оборудования и приспособлений

При выборе конструктивной схемы сборочного оборудования необходимо предусмотреть: возможность механизации или автоматизации сварочных операций; оперативность и надежность базирования и закрепления деталей или изделия; удобство выполнения сборочных и сварочных операций.

3.1.1 Сборочно–сварочное оборудование

Для решения проблемы связанной с многочисленными переворотами изделия предлагается использовать универсальные сварочные вращатели.

Главным преимуществом использования сварочных вращателей является возможность установки свариваемых деталей в наилучшее положение для сварки – нижнее положение и вращение их со сварочной скоростью при автоматической сварке кольцевых швов под флюсом, в среде защитных газов и наплавочных работах. Таким образом, производительность может быть увеличена в несколько раз. Сварщики особенно ценят эргономичность и комфортность выполнения работ. Из всех предложенных на Российском рынке моделей вращателей различных производителей, наиболее подходящим и дешевым оказались вращатели фирмы Steel mec sald [21]. Из предложенной линейки оборудования, выбрали вращатель для ручной и механизированной сварки TRAF 200 (рисунок 11) грузоподъемностью до 200 кг, что позволит использовать его при сварке и других изделий.



Рисунок 11 – Вращатель для ручной и механизированной сварки TRAF 200 [21]

Модель оснащена панелью управления «STAGE2», которая предлагает функции полезные для автоматического цикла работы с оборотом на 360 градусов.

Характеристики:

- максимальная нагрузка 200 кг;
- диаметр стола 500 мм;
- вращение при помощи электродвигателя постоянного тока;
- скорость регулируется обратной связью по току;
- угол наклона стола 0–90°;
- вес 110 кг;
- функции управляются электронной платой, встроенной в панель контроля.

3.1.2 Приспособление для центрирования фланцевых соединений.

Для улучшения качества сборки под сварку предлагается использовать приспособление выпускаемое фирмой Mathey Dearman под названием Flange Alignment Tools (Рисунок 12) для центрирования фланца (Рисунок 13). Внутренний двойной распорный механизм Flange Alignment Tools быстро и надежно фиксирует фланец относительно осевой линии трубы [22].



Рисунок 12 – Приспособление для центрирования фланцевого соединения [22]

Производителем выпускаются четыре модели приспособления Flange Alignment Tools под различные диаметры труб: 325, 326, 327, 328, а также приспособления для нержавеющей труб с индексом SS.



Рисунок 13 – Центрирование фланцевого соединения [22]

С учетом того что корпус устройства «Диоген-700» изготавливается из трубы диаметром 273 мм, в нашем случае выбираем приспособление D327: диаметром (203–356 мм), которое может обеспечить центрирование фланцевого соединения с трубой.

3.1.3 Обоснование выбора способа сварки с учетом современных технологий

Для повышения производительности сварочных работ необходимо внедрять механизацию и автоматизацию сварочных процессов, а так же использовать более производительные способы сварки.

Выбор способа сварки представляет собой относительно трудную задачу, решаемую конструкторами и технологами в течение всего процесса производства сварной конструкции. В каждом конкретном случае он обязан осуществляться с учетом ряда факторов, основными из которых являются: свойства свариваемого металла; толщина материала, из которого производится

конструкция (изделие); габариты конструкции (изделия); экономическая действенность.

Свойства свариваемого материала иногда имеют устанавливающее значение в подборе способа сварки и порой значительно ограничивают число возможных способов.

Толщина свариваемого материала, габариты конструкции еще в большей мере ограничивают ряд возможных способов.

Однако в большинстве случаев обозначенные факторы дают возможность применять при производстве конструкции несколько способов сварки, каждый из которых обеспечивает получение готовой сварной продукции, которая соответствует всем требованиям условий.

В данном случае выбор того или иного способа сварки обязан обосновываться установлением его технологической и экономической действенности. Необходимо также помнить, что в пределах разумного при изготовлении сварной конструкции нужно использовать наименьшее количество способов сварки [7].

3.2 Сравнительный анализ ручной дуговой сварки плавящимся электродом и полуавтоматической сварки в среде защитного газа

3.2.1 Ручная дуговая сварка плавящимся электродом

Достоинствами ручной дуговой сварки являются:

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- относительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых разных сталей благодаря большому выбору выпускаемых марок электродов; транспортабельность сварочного оборудования и простота.

Существенным недостатками ручной дуговой сварки является:

- малая производительность процесса и коэффициент полезного действия в сравнении с прочими технологиями сварки;
- зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика, а также вредные условия процесса сварки;
- при серийном производстве рам и требований к качеству применение данного способа сварки недопустимо.

3.2.2 Механизированная сварка в среде защитных газов

Сварка в защитных газах также обладает высокой производительностью и по сравнению с РДС является более чистым способом.

В настоящее время при заводском изготовлении металлоконструкций доминирующее положение занимает механизированная дуговая сварка в защитных газах. Данным способом наплавляется 70–75% общего объема сварных швов в конструкциях.

Это доказывает известные преимущества механизированной дуговой сварки:

- высокая производительность;
- высокое качество соединения при работе с различными металлами и сплавами вне зависимости от пространственного положения детали;
- возможность визуального контроля сварочной дуги и сварочной ванны, процесса формирования сварного шва;
- узкая зона термического воздействия;
- при многослойной сварке не надо зачищать сварной шов;
- высокая производительность работ; нет необходимости удалять флюс или шлак, зачищать сварной шов.

Для получения качественного сварного соединения сборка конструкции также осуществляется механизированным способом.

Недостатки:

К минусам способа по сравнению со сваркой под флюсом относится потребность использования защитных мер против световой и тепловой радиации дуги, применения защитных газов [7].

Таким образом, проведя сравнительный анализ данных способов сварки учитывая во внимание свариваемость корпуса из стали 09Г2С устройства «Диоген–700», допустимо принимать все рассмотренные способы сварки. С учетом рассмотренных достоинств и недостатков РДС и механизированной сварки в среде защитного газа, а также необходимости механизации сварочных операций, в первом приближении можно рекомендовать полуавтоматическую сварку в защитном газе.

3.3 Выбор сварочного оборудования

3.3.1 Сварочное оборудование для ручной дуговой сварки покрытым электродом

На заводе АО «ТОМЗЭЛ» для ручной дуговой сварки покрытыми электродами применяется сварочный инвертор NEON ВД 315 и как альтернатива, возможность использования аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. Сварочный аппарат «NEON» производства нижегородского ЗАО «ЭлектроИнтел» получил широкое применение на крупных предприятиях машиностроения, металлургии, судостроительных заводах и на транспорте на всей территории РФ и ближнего зарубежья, что свидетельствует об уровне качества аппарата. Его отличительными функциями являются:

- применение вне помещения и при любой температуре (от минус 40 до плюс 40°С);
- удобство транспортировки и доставки;
- легкость настройки и работы;
- защита от замыкания;
- работа в труднодоступных местах;

- горячий старт;
- высокое энергосбережение.

Технические характеристики сварочного инвертора NEON ВД 315 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики [23]

Характеристика	Значение
Напряжение питающей сети, В	380 ($\pm 20 \dots 15\%$)
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемая мощность, кВА	от 0,7 до 11,4
Диапазон регулирования сварочного тока, А	40–300
ПВ, %	80
Тип охлаждения	Принудительное воздушное
КПД, %	90
Диаметр электрода, мм	1,6–7,0
Габаритные размеры, мм	170×220×400
Вес, кг	11,5

3.3.2 Выбор сварочного оборудования для механизированной сварки в среде защитного газа плавящимся электродом

Для сварки корпуса предлагается применить сварочный полуавтомат ПДГ–508 (рисунок 14)



Рисунок 14 – Сварочный полуавтомат ПДГ–508 [23]

Полуавтомат сварочный ПДГ–508 – мощный полуавтомат с широким диапазоном регулирования сварочных параметров.

Он предназначен для сварки сплошной проволокой малоуглеродистой и низколегированной стали в защитной среде углекислого газа, а также легированных и нержавеющей (коррозионностойких) сталей в среде аргона длинными и прерывистыми, прочными и прочноплотными швами во всех пространственных положениях. Может использоваться для сварки и наплавки бронзовой проволокой.

Применение асинхронного двигателя в сочетании с девяти ступенчатой коробкой передач обеспечивает полуавтомату возможность получения высокостабильной подачи электрода даже при значительном изменении напряжения сети и положения горелки. Имеется плавное регулирование сварочного напряжения в широком диапазоне.

Таблица 7 – Технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ–508 [23]

Наименование	Норма
Основное напряжение сети трехфазного переменного тока, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток при ПВ=60% и цикле сварки 5 мин., А	500
Род тока	постоянный
Пределы регулирования сварочного тока, А	150÷500
Диаметр электродной проволоки, мм	1, 2÷2, 0
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	108÷932
Отклонение скоростей от табличных, %	10
Длина шлангового привода, м	3, 0
Масса электродной проволоки в кассете, кг	12

Продолжение таблицы 7

Габариты полуавтомата, мм	445×316×370
Габариты шкафа управления, мм	455×288×230
Масса шкафа управления, кг, не более	19
Масса полуавтомата, кг, не более	26

3.3.3 Выбор источника питания сварки

В качестве источника питания дуги может применяться любой сварочный выпрямитель с жесткой характеристикой.

В таблице 8 представлены технические данные тиристорных выпрямителей с универсальными характеристиками типа ВДУ–505, ВДУ–506 и ВДУ–601, разработанных с применением интегральных микросхем и имеющих ряд дополнительных преимуществ.

Таблица 8 – Технические данные некоторых тиристорных выпрямителей [23]

Параметры	ВДУ–505	ВДУ–506	ВДУ–601
Номинальный сварочный ток, А	500	500	630
Режим работы, ПВ, %	60	60	60
Напряжение холостого хода, В, не более	80	80	90
Номинальное рабочее напряжение, В, при работе на: ЖХ ПХ	50 46	50 46	56 52
Пределы регулирования сварочного тока, А, при работе на : ЖХ ПХ	60–500 50–500	60–500 50–500	65–630 50–630

Продолжение таблицы 8

Пределы регулирования рабочего напряжения, В, пр работе на : ЖХ ПХ	18–50 22–46	18–50 22–46	18–56 22–52
Первичная мощность, кВ*А, не более	10	10	60
КПД, %, не менее	82	79	75
Габаритные размеры, мм	790×670×880	820×620×1100	860×690×1100
Масса, кг, не более	300	300	320

Сварочные выпрямители ВДУ–505, ВДУ–506, ВДУ–601. Это универсальные тиристорные выпрямители с жесткими и падающими внешними характеристиками. Выпрямители обеспечивают плавное регулирование рабочего напряжения и тока в одном диапазоне, могут быть использованы для совместной работы с роботами и автоматическими вращателями.

При работе с вращателями предъявляются повышенные требования к таким технологическим показателям источника, как надежность начального зажигания дуги, устойчивость процесса сварки во всех пространственных положениях.

Рассмотрев предлагаемое сварочное оборудование с учетом их производительности и требуемых режимов сварки, можно сделать вывод о рациональности использования выпрямителя ВДУ–506 как источника питания при сварке корпуса механизированным способом в среде защитных газов.

3.4 Выбор сварочных материалов

3.4.1 Для ручной дуговой сварки

Для выполнения сварки установочных плит (позиция 4), изображенных на рисунке 10, к корпусу изделия, можно использовать любые электроды, которые предназначены для низколегированных и малоуглеродистых сталей, например, Э42А и Э50А.

Электроды этих типов регламентированы только по характеристикам механических свойств и содержанию серы и фосфора в наплавленном металле.

Выбор электродов для дуговой сварки конструкционных низколегированных сталей производится в зависимости от прочности и пластичности свариваемой стали, а также условий эксплуатации сварной конструкции. Согласно механическим характеристикам стали 09Г2С на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» при сварке корпуса изделия используются электроды марки LB-52U. Эти электроды обеспечивают высокую пластичность, ударную вязкость металла шва и стойкость против образования трещин.

3.4.2 Для механизированной сварки в защитном газе

Применяют материалы, соответствующие марке свариваемых сталей и обеспечивающих равнопрочность сварного шва основному металлу.

Так как, для выполнения сварки изделия предлагается применить механизированную сварку в среде защитных газов, то наиболее распространенным на производстве защитным газом является двуокись углерода CO_2 . Однако сварка в CO_2 имеет существенные недостатки: сильное разбрызгивание металла во время горения дуги и весьма посредственный внешний вид швов, поэтому такой способ сварки не применяют при изготовлении конструкций, к внешнему виду и форме которых предъявляются повышенные требования с целью улучшения эксплуатационных

свойств и товарного вида. Главным путем решения этих проблем является применение сварки в смеси газов на основе аргона (СГОА) [7].

Двуокись углерода является сильным окислительным газом. При сварке в CO_2 перенос электродного металла всегда происходит крупными каплями и не по центру дуги. В связи с этим сварной шов получается с грубыми полосами кристаллизации и брызгами, однако такой характер переноса позволяет получить глубокое проплавление.

Добавление аргона к двуокиси углерода позволяет повысить стабильность дуги, перенос металла в этом случае носит осевой характер без значительного разбрызгивания. Шов отличается чистотой, гладкой поверхностью с мелкими чешуйками и малым количеством шлака. В качестве неблагоприятного фактора следует отметить уменьшенный провар.

Кислород при сварке играет роль поверхностно–активного элемента и уменьшает поверхностное натяжение жидкого металла, способствуя образованию на конце электрода более мелких капель и их равномерному переносу в сварочную ванну. Для обеспечения высокой вязкости и прочности металла шва содержание кислорода в защитном газе не должно превышать 5–7%.

Переход на сварку в смеси газов на основе аргона позволяет снизить стоимость сварочных работ за счет уменьшения затрат на зачистку швов примерно на 70%; уменьшить потери электродного металла на разбрызгивание на 60%; снизить расход электродной проволоки при сварке угловых швов на 5–15% в связи с меньшим усилением шва, а также уменьшить выделение пыли и токсичных газов.

Состав СГОА приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Состав смеси газов на основе аргона [24]

Аргон	Двуокись углерода	Кислород	Азот, не более	Влага (для несжатой смеси), не более
70–75%	22–25%	3–5%	0, 1%	0, 03г/м ³

Составы аргона и углекислого газа приведены в таблице 10 и 11.

Таблица 10 – Состав двуокиси углерода по ГОСТ 8050–85 [25]

Показатель	Сорт	
	Высший	Первый
Объемная доля CO ₂ , % не менее	99, 8	99, 5
Объемная доля CO, %	нет	нет
Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг	0, 1	0, 1
Массовая доля воды, % Не более	Нет	Нет
Массовая концентрация водяных паров при 20°С и 101, 3 кПа, г/см ³ , не более	0, 037–0, 048	0, 178

Таблица 11 – Состав газообразного аргона ГОСТ 10157–79 [24]

Показатель	Сорт	
	Высший	Первый
Объемная доля аргона, % не менее	99, 99	99, 96
Объемная доля кислорода, % не менее	0, 003	0, 005
Объемная доля азота, % не менее	0, 01	0, 01
Массовая концентрация водяного пара при 20°С и давлении 101, 3 кПа, г/м ³	0, 007	0, 01
Объемная доля суммы углеродосодержащих соединений в пересчете на CO ₂ , % не более	0, 0005	0, 001

Металл швов, выполненных в смеси 75% Ar плюс 25% CO₂, отличается низким содержанием газов и неметаллических включений.

При высоких температурах сварочной дуги CO₂ диссоциирует на окись углерода CO и кислород O₂, который, если не принять специальных мер, приводит к окислению свариваемого материала и легирующих элементов.

Окислительное действие CO_2 нейтрализуется применением сварочной проволоки с повышенным количеством раскислителей марганца и кремния.

Поэтому для механизированной сварки конструкционных углеродистых и низколегированных сталей применяют специальные марки сварочной проволоки с повышенным содержанием этих элементов – Св–08ГС и Св–08Г2С.

Сварочные проволоки служат для подвода электрического тока в зону сварки. Кроме того, расплавляясь, они служат дополнительным металлом, участвующим в образовании шва. Состав проволоки указан в таблице 12.

Таблица 12 – Состав сварочной проволоки ГОСТ 2246–70 [26]

Марка проволоки	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
Св–08ГС	0, 10%	1, 40–1, 70%	0, 60–0, 85%	0, 20%	0, 25%	0, 025%	0, 030%
Св–08Г2С	0, 05–0, 11%	1, 80–2, 10%	0, 70–0, 95%	0, 20%	0, 25%	0, 025%	0, 030%

Для сварки корпуса предлагается применить проволоку марки Св–08Г2С, так как она содержит наибольшее количество раскислителей.

Таким образом, для сварки данной конструкции рациональнее использовать сварку в смеси газов на основе 75% Ar+25% CO_2 . Так как это позволит снизить время на зачистку швов уменьшить потери электродного металла на разбрызгивание; снизить расход электродной проволоки при сварке угловых швов в связи с меньшим усилением шва, а также уменьшить выделение пыли и токсичных газов.

3.5 Расчёт режимов сварки

3.5.1 Расчет режимов ручной дуговой сварки

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества [27].

При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрических размеров шва. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 5264–80 [19] (рисунок 15 и 16).

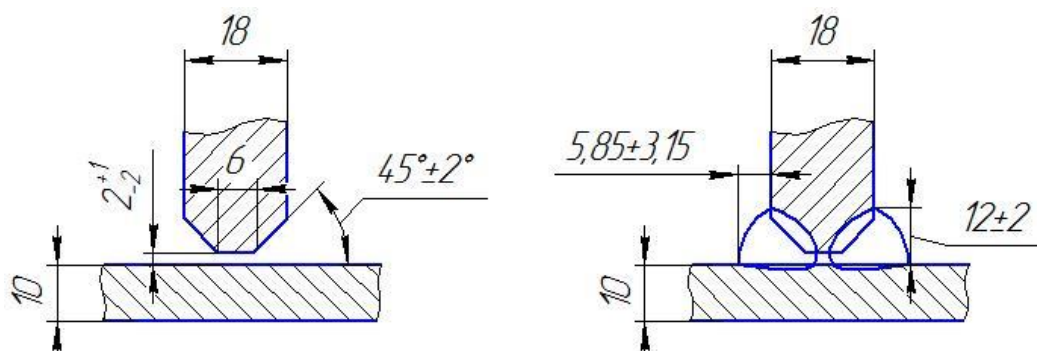


Рисунок 15 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Т9)

Так как производится сварка таврового соединения с разделкой кромок, расчет производится как для стыкового соединения с разделкой. В расчетах рассматривается сварка с одной стороны, сварка с другой стороны осуществляется аналогично.

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = 0,5 \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e = 0,5 \cdot 6^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 2 \cdot 9 + 0,75 \cdot 5,85 \cdot 12 = 88,7 \text{ мм}^2, \quad (2)$$

где S, b, e, g, h, α – размеры конструктивных элементов сварного соединения, мм.

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов найдем по формуле:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g) = 0,73 \cdot 12 \cdot (9 + 5,85) = 130 \text{ мм}^2. \quad (3)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{пп}} = F - F_H = 130 - 88,7 = 41,4 \text{ мм}^2.$$

Первый и второй проходы выполняются электродом диаметром 3 мм.

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплаваемого за один проход, при которой обеспечиваются оптимальные условия формирования, должна составлять не более 30 мм² для первого прохода (при сварке корня шва) и не более 40 мм² для последующих проходов.

Воспользуемся формулой, описанной в [27], для определения первого прохода:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_s = 8 \cdot 3 = 24 \text{ мм}^2, \quad (5)$$

принимаем $F_1 = 24 \text{ мм}^2$.

Для определения последующих проходов:

$$F_n = (8 \dots 12) \cdot d_s = 12 \cdot 3 = 36 \text{ мм}^2, \quad (6)$$

принимаем $F_n = 36 \text{ мм}^2$.

Число проходов рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1 = \frac{88,7 - 24}{36} + 1 = 2,8, \quad (7)$$

назначаем три прохода.

Определение сварочного тока.

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [27]:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j, \quad (8)$$

где $d_{э}$ – диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (13...18,5) = 92...130 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 110 \text{ А}$.

Определение напряжения на дуге.

Для приближённого расчёта напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_{д} = 20 + 0,04 \cdot I_{св} = 20 + 0,04 \cdot 110 = 24,4 \text{ В}, \quad (9)$$

принимаем $U_{д} = 25 \text{ В}$.

Определение скорости сварки.

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

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (10)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч;

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

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для стали $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Подставляем значения в формулу (10) и получаем:

для первого прохода:

$$V_{св} = \frac{11 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 24 \cdot 10^{-2}} = 0,18 \text{ см/с} = 6,5 \text{ м/ч};$$

для второго и третьего проходов:

$$V_{св} = \frac{11 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 36 \cdot 10^{-2}} = 0,12 \text{ см / с } = 4,3 \text{ м / ч }.$$

Определение погонной энергии при сварке.

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

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_u}{V_{св}}, \quad (11)$$

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

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

$U_{д}$ – напряжений на дуге, В;

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

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

Подставляем значения в формулу (11) и получаем:
для первого прохода:

$$q_n = \frac{110 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,18} = 12222 \text{ Дж / см ;}$$

для второго прохода:

$$q_n = \frac{110 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,12} = 18333 \text{ Дж / см .}$$

Определение глубины проплавления.

Максимальную температуру на расстоянии r рассчитывают по формуле изложенной в [27]:

$$T_{\max} = \frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c \rho \cdot r_0^2}, \quad (12)$$

где q – эффективная тепловая мощность источника, Вт;

V – скорость сварки, см/с;

$c \cdot \rho = 4,7 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{град}$ – объемная теплоемкость для стали;

r_0 – расстояние до изотермы плавления $T_{пл}$.

Отсюда расстояние r до изотермы $T_{пл}$

$$r = 0,005588 \sqrt{q_n} = 0,005588 \cdot \sqrt{12222} = 0,62 \text{ см.}$$

При ручной дуговой сварке глубина провара

$$H_{пр} = (0,5 - 0,7) \cdot r = (0,5 - 0,7) \cdot 0,62 = 0,3 - 0,4 \text{ см,} \quad (13)$$

принимая глубину провара равной 0,35 см.

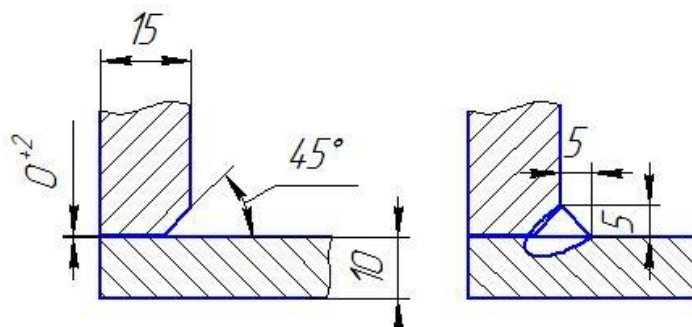


Рисунок 16 – Разделка кромок и параметры шва

Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + \frac{1}{2} \cdot k^2 = \frac{1}{2} \cdot 5^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 1 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5 = 31 \text{ мм}^2, \quad (14)$$

где S , b , α – размеры конструктивных элементов сварного соединения, мм (рисунок 16).

Назначаем сварку за один проход электродом диаметром 3 мм.

Сила тока по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (13 \dots 18,5) = 92 \dots 130 \text{ А,}$$

принимая $I_{св} = 110 \text{ А.}$

Напряжение по формуле (9):

$$U_o = 20 + 0,04 \cdot 110 = 24,4 \text{ В,}$$

принимая $U_o = 25 \text{ В.}$

Скорость сварки по формуле (10):

$$V_{св} = \frac{11 \cdot 110}{3600 \cdot 7,8 \cdot 31 \cdot 10^{-2}} = 0,14 \text{ см / с} = 5 \text{ м / ч}$$

Погонная энергия по формуле (11):

$$q_n = \frac{110 \cdot 25 \cdot 0,8}{0,14} = 15714 \text{ Дж / см}$$

Отсюда расстояние r до изотермы $T_{пл}$ по формуле (12):

$$r = 0,005588 \sqrt{q_n} = 0,005588 \cdot \sqrt{15714} = 0,7 \text{ см.}$$

При ручной дуговой сварке глубина провара определяется по формуле (13):

$$H_{пр} = (0,5 - 0,7) \cdot r; = (0,5 - 0,7) \cdot 0,7 = 0,35 - 0,5 \text{ см,}$$

принимая глубину провара равной 0,4 см.

3.5.2 Расчет режимов механизированной сварки

Расчет режимов механизированной сварки следует начать с определения геометрических размеров шва. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 14771–76 [28] (рисунок 17 и 18).

Режимы сварки определяются на основе существующих методик расчета режимов механизированной сварки [27]. Основными параметрами, определяющими режим механизированной сварки в защитных газах являются: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Основные параметры: защитная среда (газовая, шлаковая, газосшлаковая), род тока, полярность устанавливают, исходя из условий сварки конкретного изделия.

Таблица 13 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771–76 [28]

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	s	b мм		e мм		g мм	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	s	b мм		e мм		g мм	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
T9	УП	18	0	+ 1, 5	12	± 2	1	± 2

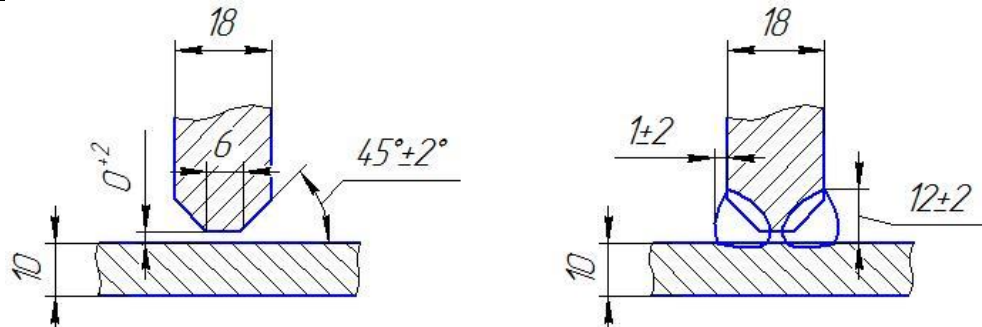


Рисунок 17 – Разделка кромок и параметры шва

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e = \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 2 \cdot 8 + 0,75 \cdot 1,8 \cdot 12 = 50 \text{ мм}^2, \quad (15)$$

где S , b , e , g , h , α – размеры конструктивных элементов сварного соединения, мм (рисунок 17).

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot d^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 150 = 300 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 300 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 300 \pm 1 = 29 \pm 1 \text{ В}, \quad (16)$$

принимаем напряжение $U_d = 29 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_d}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 300) \cdot \frac{1,6 \cdot 29}{300} = 2,3. \quad (17)$$

Для механизированной сварки значения Ψ_{np} должны составлять 0, 8...4, 0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (18)$$

где α_n – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки α_n при механизированных способах сварки в среде углекислого газа воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (19)$$

где ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (20)$$

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (20), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 150^2 = 11,6 \, \%.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_g}{d_g^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{300} \cdot \frac{1,5}{0,16^2} = 12,2 \, \text{г/А} \cdot \text{ч}, \quad (21)$$

величину вылета электрода l принимаем 1, 5 см, согласно рекомендации [27].

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (21):

$$\alpha_n = 12,2 \cdot (1 - 0,116) = 10,8 \, \text{г/А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (18) получаем:

$$V_{св} = \frac{10,8 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,5} \approx 0,23 \, \text{см/с} = 10 \, \text{м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{пл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{12,2 \cdot 300}{3600 \cdot 7,8 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \approx 6,5 \text{ см / с} = 235 \text{ м / ч} , \quad (22)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см²;

γ – плотность электродного металла, г/см³.

Для проверки правильности расчётов определяют глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{6960}{2,3}} = 0,42 \text{ см} \quad (23)$$

где q_n – погонная энергия сварочной дуги, Вт;

$\Psi_{пр}$ – коэффициент формы провара.

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяем ширину провара:

$$e = \psi_{пр} \cdot H = 2,3 \cdot 0,42 = 1 \text{ см.} \quad (24)$$

Высота валика:

$$q = \frac{F_n}{0,73 \cdot e} , \quad (25)$$

где e – ширина валика.

Тогда подставив значения в формулу (25) найдем:

$$q = \frac{50}{0,73 \cdot 10} = 6,8 \text{ мм} .$$

Общая высота шва:

$$C = H + q = 4,2 + 6,8 = 11 \text{ мм} . \quad (26)$$

где H – глубина провара при сварке стыкового соединения без скоса кромок.

Полагая, что при сварке на принятом режиме с разделкой общая высота шва C остается неизменной, можно определить H'_0 :

$$H'_0 = C - q' , \quad (27)$$

где H'_0 – глубина провара при сварке таврового соединения;

q' – высота заполнения разделки одним проходом при отсутствии зазора, находится по следующей формуле:

$$q' = \sqrt{F_H} = \sqrt{50} = 7,1 \text{ мм} . \quad (28)$$

Тогда подставив значения в формулу (29) найдем:

$$H'_0 = 7,1 - 6,8 = 0,3 \text{ мм} .$$

Величина проплавления вертикальной стенки:

$$S_6 = (0,8 - 1) \cdot H'_0 = (0,8 - 1) \cdot 0,03 = 0,025 - 0,03 \text{ см} . \quad (30)$$

Таблица 14 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771–76 [28]

Условное обозначение сварного соединения	Способ сварки	S мм	b мм		α , град $\pm 2^\circ$
			Номин.	Пред. откл.	
Т6	УП	18	0	+ 1, 5	45

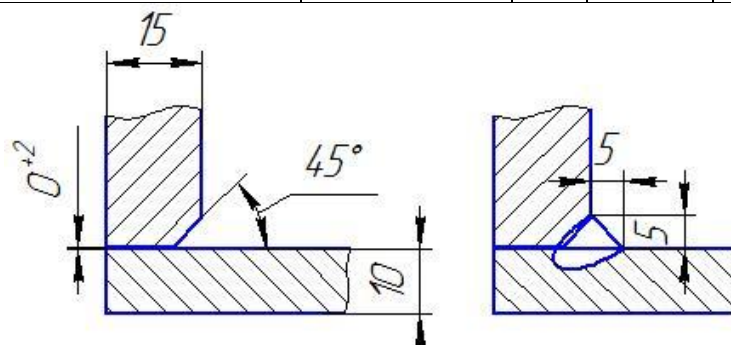


Рисунок 18 – Разделка кромок и параметры шва

Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_H = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + \frac{1}{2} \cdot k^2 = \frac{1}{2} \cdot 5^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 1 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 5 = 31 \text{ мм}^2, \quad (31)$$

где S , b , α – размеры конструктивных элементов сварного соединения, мм (рисунок 18).

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (8):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 170 = 260 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 260 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле (16):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,4}} \cdot 260 \pm 1 = 28 \pm 1 \text{ В},$$

принимаем напряжение $U_d = 28 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара по формуле (17):

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 260) \cdot \frac{1,4 \cdot 28}{260} = 2,3.$$

Для механизированной сварки значения ψ_{np} должны составлять 0, 8...4, 0, в нашем случае, значение коэффициента находится в данном интервале, следовательно, режимы подобраны верно.

Подставим известные значения плотности тока j в формулу (20), получим:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 170 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 170^2 = 12,26 \text{ \%}.$$

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления α_p по формуле (21):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{260} \cdot \frac{1,5}{0,14^2} = 12,9 \text{ \%} / \text{А} \cdot \text{ч},$$

величину вылета электрода l принимаем 1, 5 см, согласно рекомендации [27].

Тогда коэффициента наплавки α_n согласно формуле (19):

$$\alpha_n = 12,9 \cdot (1 - 0,1226) = 11,3 \text{ \%} / \text{А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (18) получаем:

$$V_{св} = \frac{11,3 \cdot 260}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,31} \approx 0,34 \text{ см} / \text{с} = 12 \text{ м} / \text{ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле (22):

$$V_{пл} = \frac{12,9 \cdot 260}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,54 \cdot 10^{-2}} \approx 7,8 \text{ см} / \text{с} = 280 \text{ м} / \text{ч},$$

Для проверки правильности расчётов определяют глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу (23):

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{6188}{2,3}} = 0,39 \text{ см}$$

Зная глубину провара и коэффициент формы провара, определяем ширину провара по формуле (24):

$$e = 2,3 \cdot 0,39 = 0,9 \text{ см.}$$

Высота валика:

Тогда подставив значения в формулу (25) найдем:

$$q = \frac{31}{0,73 \cdot 9} = 5 \text{ мм.}$$

Общая высота шва по формуле (26):

$$C = 3,9 + 5 = 9 \text{ мм.}$$

В данном разделе были рассчитаны режимы сварки, а также определены основные геометрические характеристики сварочных швов. Геометрические размеры швов находятся в пределах допуска ГОСТ 14771–76 [28] и ГОСТ 5264–80 [19], следовательно, режимы рассчитаны верно. Полученные режимы в обязательном порядке должны быть подвергнуты последующей проверке, которая будет заключаться в визуальной оценке и разрушающем контроле сварного соединения.

3.6 Контроль дефектов и способы их устранения

Основным применяемым видом контроля в данном изделии является способ визуально–измерительного контроля, который проводится после наложения шва.

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака, брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

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

При визуально–измерительном контроле швы проверяют на наличие трещин, подрезов, свищей, кратеров, непроварах, в корне и кромках. Некоторые из этих дефектов недопустимы и подлежат вырубке и повторной заварке.

Подрезы глубиной до 1 мм допускается исправить методом зачистки без подварки, более 1мм необходимо заварить с последующей зачисткой.

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

Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ [9].

3.7 Разработка нового технологического процесса сборки и сварки корпуса.

Разработанный технологический процесс сборки и сварки корпуса изделия «Диоген–700», с учетом применения нового способа сварки и

сборочного оборудования, изложен в виде операционных карт, которые приведены в приложении А.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Название проекта: «Технология сборки и сварки корпуса «Диоген–700».

Цель исследования в рамках проекта: модернизировать действующий на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» технологический процесс сборки и сварки изделия».

Объект исследования: действующий на предприятии технологический процесс сборки и сварки изделия.

4.1 Предпроектный анализ

Для того чтобы разработать новый технологический процесс приходится учитывать множество факторов. Целью экономической части диплома является анализ технологического процесса с экономической точки зрения [29].

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации [29].

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Общий вес показателей, определяемый экспертным путем, в сумме должен составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (32)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i - го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) [30]

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							
1. Спрос проекта	0, 1	5	3	5	0, 5	0, 3	0, 2
2. Удобство в применении	0, 2	5	4	4	1	0, 8	0, 4
3. Возможности проекта	0, 15	3	4	5	0, 45	0, 6	0, 75
4. Универсальность	0, 1	4	4	2	0, 4	0, 4	0, 2
5. Эффективность применения	0, 1	5	4	4	0, 5	0, 4	0, 4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0, 1	2	5	3	0, 3	0,	0,
2. Уровень проникновения на	0, 1	5	4	4	0, 5	0, 4	0, 4

3. Цена	0, 1	4	3	3	0, 4	0, 3	0, 3
4. Квалифицированные кадры	0, 05	5	5	5	0, 3	0, 3	0, 3
Итого	1	38	36	35	4,	4,	3, 4

Примечание:

B_{ϕ} – оценка профессиональных рисков при проведении работ;

$B_{\kappa l}$ – прогнозная оценка профессиональных рисков;

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

4.1.3 FAST – анализ

FAST – анализ состоит из шести стадий [29]:

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

Стадия 1. Выбор объекта FAST – анализа.

В качестве предмета исследования выбран сварочный комплекс для механизированной сварки ВДУ–506 и ПДГ–508.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Классификация функций, выполняемых объектом [29]

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1. ВДУ–506	1	Источник		X	

		питания для сварки			
2. ПДГ–508	1	Механизм подачи сплошной проволоки		X	
3. LF - 33 4 - х рол	1	Механизм подачи сплошной проволоки		X	
4. Сварочную горелку K345	1	Управление процессом сварки	X		
5. Кабель соеди - нительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания		X	
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций будем использовать метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно–экспертное определение значимости каждой функции [29].

Для начала необходимо построить матрицу смежности функций (таблица 16), в которой определим более значимые из них.

Таблица 16 – Матрица смежности [29]

	1	2	3	4	5	6
1. ВДУ–506	=	=	>	>	>	>
2. ПДГ–508	=	=	>	>	>	>
3. LF–33 4–х рол	<	<	=	=	>	>
4. Сварочную горелку K345	<	<	<	=	>	>
5. Кабель соединительный 15м	<	<	<	<	=	=
6. Зажим на деталь с	<	<	<	<	=	=

кабелем 10м						
-------------	--	--	--	--	--	--

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

Преобразовываем матрицы смежности в матрицы количественных соотношений функций (таблица 17).

Таблица 17 – Матрица количественных соотношений функций [29]

	1	2	3	4	5	6	Итого	Вес
1. ВДУ–506	1	1	1, 5	1, 5	1, 5	1, 5	8	0, 23
2. ПДГ–508	1	1	1, 5	1, 5	1, 5	1, 5	8	0, 23
3. LF–33 4–х рол	0, 5	0, 5	1	1	1, 5	1, 5	6	0, 17
4. Сварочную горелку К345	0, 5	0, 5	0, 5	1	1, 5	1, 5	5, 5	0, 15
5. Кабель соединительный 15м	0, 5	0, 5	0, 5	0, 5	1	1	4	0, 11
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	0, 5	0, 5	0, 5	0, 5	1	1	4	0, 11
							Σ	35, 5
								1

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

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

Специальный источник сварочного тока:

ВДУ–506 – $8/35, 5=0, 23$;

ПДГ–508 – $8/35, 5=0, 23$;

LF–33 4 - х рол – $6/35, 5=0, 17$;

Сварочную горелку К345 – $5, 5/35, 5=0, 15$;

Кабель соединительный 15м – $4/35, 5=0, 11$;

Зажим на деталь с кабелем 10м– $4/35, 5=0, 11$.

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

Стадия 4 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования представлен в таблице 18.

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

Таблица 18 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования [29]

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо - часов	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.	Итого, руб
1. ВДУ 506	1	Источник питания для сварки	20	5	6 000	1 000	3 000	10 000
2. ПДГ 508	1	Механизм подачи сплошной проволоки	1	2	9 000	2 000	4 000	15 000
3. LF - 33 4 - х рол	1	Механизм подачи сплошной проволоки	30	5	10 000	2 000	4 000	16 000
4. Сварочную горелку K345	1	Управление процессом сварки	2	3	2 000	500	1 000	3 500
5. Кабель соединительный 15м	1	Подвод электроэнергии к источнику питания	5	4	5 000	1 000	2 000	8 000
6. Зажим на деталь с кабелем 10м	1	Крепление детали	5	2	3 000	800	1 500	5 300
								57800

В дальнейшем путем суммирования затрат по каждой функции определили общую стоимость каждой из них. Данная информация используется для построения функционально - стоимостной диаграммы на следующей стадии.

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

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально–стоимостной диаграммы (ФСД), рисунок 19.

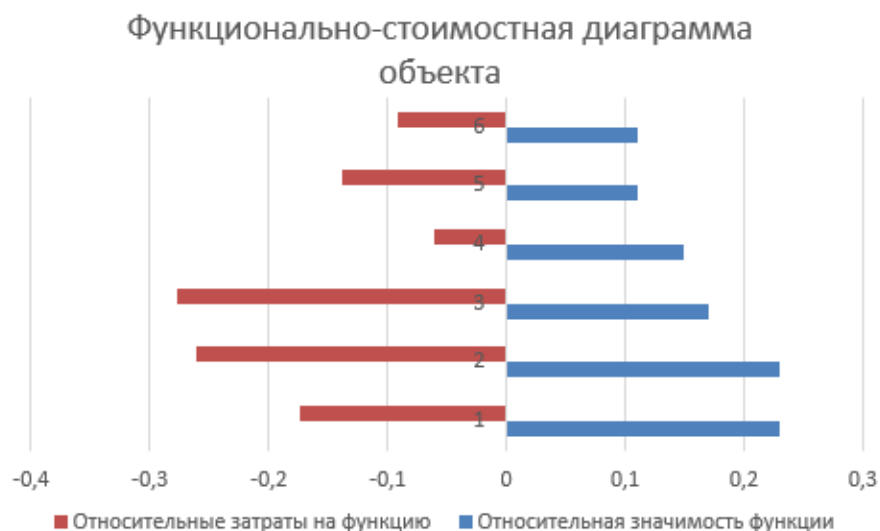


Рисунок 19 – Функционально–стоимостная диаграмма

Анализ ФСД, приведенный выше показывает явное наличие рассогласования по функции 4 к которой относятся сварочная горелка К345. Необходимо провести работы по ликвидации данных диспропорций.

Стадия 6. Оптимизация функций, выполняемых объектом.

В качестве оптимизации данных функций можно выделить следующие:

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

В результате проведенного FAST–анализа были выявлены слабые стороны сварочной горелки К345, оптимизация которой приведет к уменьшению стоимости проекта и увеличению его эффективности [29].

4.1.4 SWOT – анализ

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

SWOT – это комплексный анализ научно - исследовательского проекта.

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

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 19).

Таблица 19 – Матрица SWOT [29]

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

Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры АО «ТОМЗЭЛ» В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Использование разработки в промышленных масштабах В5. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение исследования государством		

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно - исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды (таблицы 20–23).

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта (возможности и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта

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

Вывод по таблице 20: коррелирующие сильных сторон и возможностей проекта – B1C1C3C4, B2C1C2C3C4, B3C1, B4C1, B5C4.

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта (возможности и слабые стороны проекта)

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

Вывод по таблице 21: коррелирующие слабых сторон и возможностей проекта – B2Сл1, B4Сл1, B5Сл2Сл3.

Таблица 22 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и сильные стороны проекта)

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	–	0	+	+
	У2	+	–	0	+
	У3	0	+	–	0

Вывод по таблице 22: коррелирующие сильных сторон и угроз проекта, У2С1С4, У3С2.

Таблица 23 – Интерактивная матрица проекта (угрозы и слабые стороны проекта)

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

Вывод по таблице 23: коррелирующие слабых сторон и угроз проекта – У2Сл1Сл3, У3Сл1Сл3

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

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT - анализа (таблица 24).

Таблица 24 – SWOT - анализ [29]

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

Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры АО «ТОМЗЭЛ» В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Использование разработки в промышленных масштабах В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	В связи с уникальными свойствами разработки (экологичность, простота использования, экономичность и т.д.) у нее есть шансы выйти на российский рынок. Есть необходимость заинтересовать инвесторов, чтобы данная разработка нашла практическое применение в промышленности.	Несмотря на достоинства разработки и на наличие возможностей ее реализации, она не развита на рынке из - за наличия альтернативных разработок. Соответственно, из - за незаинтересованности потенциальных потребителей отсутствует финансирование и необходимое оборудование для дальнейшего развития.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Конкуренция имеющихся технологий производства У3. Несвоевременное финансовое	Оборудование отечественного производства мало востребовано на российском рынке. Следует усиленно продвигать разработку с целью создания спроса.	Следует выработать маркетинговую стратегию в области продвижения разработки на рынок.

обеспечение исследования государством		
---	--	--

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

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения) [29].

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (33)$$

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

B_i – балл по i - му показателю.

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

Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации представлена в таблице 25.

Таблица 25 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации [29]

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

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
ИТОГО БАЛЛОВ		60	57

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

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные

цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта [29].

Устав проекта документирует бизнес–потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта бакалаврской работы имеет структуру, представленную ниже.

1) Цели и результат проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Нефтяная промышленность	Модернизация и как следствие, уменьшение себестоимости, действующей на предприятии технологии сборки и сварки корпуса «Диоген–700»
Строительная промышленность	

В таблице 27 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 27 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Цель данной дипломной работы заключается, в поиске возможных способов модернизации действующей на предприятии технологии сборки и сварки корпуса «Диоген 700», что позволит повысить его качество, увеличить объем выпуска, снизить себестоимость и накладные расходы на единицу продукции.
Ожидаемые результаты проекта:	Чертеж, технологические карты на изготовление корпуса «Диоген 700».

Требования к результату проекта:	Требование: Выполнение поставленных задач Научное объяснение результатов экспериментов Заключение о результатах исследования
----------------------------------	---

2) Организационная структура проекта. Информация об участниках проекта представлена в табличной форме (таблица 28).

Таблица 28 – Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Гнюсов С.В. д.т.н., профессор кафедры ОТСП ИНК	Руководитель	Отвечает за реализацию, координирует деятельность участников проекта
2	Каргин А.М., студент кафедры ОТСП	Исполнитель	Выполнение экспериментальной части

3) Ограничения и допущения проекта. Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 29).

Таблица 29 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1.Источник финансирования	Компания АО «ТОМЗЭЛ»
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	12.02.2017 г.
3.2.2. Дата завершения проекта	01.06.2017 г.
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограничения по использованию установки для сварки в среде защитного газа

4.3 Планирование управления проектом

4.3.1 План проекта

При создании нового технологического процесса необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант разработки процесса [29].

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю, которые представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Распределение этапов работы

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

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика

Чтобы составить ленточный график проведения проектных работ (на основе диаграммы Ганта), сначала следует составить таблицу временных показателей проведения проектной работы [29].

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (34)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (35)$$

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

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

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

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей (студент или руководитель) [29].

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

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (36)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (37)$$

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

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

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

Согласно производственному календарю на 2017 год:

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

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

Таким образом, получаем таблицу временных показателей проведения работы (таблица 31).

Таблица 31 – Временные показатели проведения научного исследования

Название	Трудоемкость работ		Длитель -	Длитель
----------	--------------------	--	-----------	---------

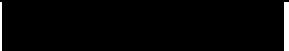
работы	$t_{\min}$, чел - дни	$t_{\max}$, чел - дни	$t_{\text{ожид}}$, чел - дни	Исполнители	ность работ в рабочих днях T_{pi}	ьность работ в календ арных днях T_{ki}
Составление и утверждение технического задания	2	4	2, 8	Руководитель	2, 8	4
Выдача задания на тему	1	3	1, 8	Руководитель	1, 8	3
Постановка задачи	1	2	2, 2	Руководитель	2, 2	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки	2	5	3, 2	Руководитель, Студент	1, 6	2
Поиск и изучение материалов по теме	15	30	21	Студент	21	31
Анализ существующег о опыта	5	8	6, 2	Студент	6, 2	9
Подбор нормативных документов	4	7	5, 2	Студент	5, 2	8
Согласование полученных данных с руководителем	1	3	1, 8	Руководитель, Студент	0, 9	1
Разработка системы	20	30	21	Студент	21	36
Оценка эффективности	2	3	2, 4	Студент	2, 4	4

полученных результатов						
Работа над выводом	1	2	1, 4	Студент	1, 4	2
Составление пояснительной записки	3	7	4, 6	Студент	4, 6	7

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

На основании таблицы 31 строим календарный план–график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 32).

Таблица 32 – Календарный план - график проведения НИОКР по теме

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

4.3.3 Бюджет научного исследования. Затраты на материалы и эксперименты

Затраты на проведение научного исследования приведены в таблице 33. Большие затраты потребовались для проведения испытаний на установке для механизированной сварки в защитном газе.

Таблица 33 – Затраты на сырье на проведение НИР

Наименование	Затраты, руб.	Примечание
Материалы	1000	В качестве материалов были использованы образцы из стали 09Г2С
Установка для сварки в защитном газе ПДГ–508 с источником питания ВДУ–506	5000	Приведена стоимость пользования установкой в течение одного рабочего дня. Испытания проводились в течении 10 дней.
Защитный газ (смесь аргон плюс углекислый газ)	1000	
Сварочная проволока	2000	
Алмазные пасты	1500	
Итого	55500	

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

4.3.4 Расчет фонда заработной платы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно–должностным окладом [30].

Для техника (дипломника) месячный оклад составляет $З_{от}=6595$ руб/мес, для руководителя (профессора с ПКГ ППС 4) – $З_{оп}=36800$ руб/мес.

Заработная плата рассчитывается по формуле 1[30]:

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (38)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле 2 [30]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (39)$$

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

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

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

Среднедневную заработную плату можно рассчитать по формуле 3, [30]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{T}, \quad (40)$$

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

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

Месячный должностной оклад работника [30]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (41)$$

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

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

Теперь рассчитываем месячную заработную плату работников проекта:

$$Z_{\text{мт}} = 6595 \cdot 1.3 = 8573.5 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{мп}} = 36800 \cdot 1.3 = 47840 \text{ руб.}$$

Определяем среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{дн.т}} = \frac{8573.5}{26} = 329.75 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн.п}} = \frac{47840}{26} = 1840 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{осн.т}} = 329.75 \cdot 100 = 32975 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{осн.п}} = 1840 \cdot 100 = 184000 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [30]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (42)$$

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

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

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

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0, 1 и получаем:

$$З_{\text{доп.т}} = 0.1 \cdot 32975 = 3297.5 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.п}} = 0.1 \cdot 184000 = 18400 \text{ руб.};$$

Итак, определяем полную зарплату работников:

$$С_{\text{зпт}} = 32957 + 3297.5 = 36254.5 \text{ руб.};$$

$$С_{\text{зпп}} = 184000 + 18400 = 202400 \text{ руб.}$$

Также необходимо рассчитать отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды) по формуле 6 [30]:

$$С_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (43)$$

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

$$С_{\text{внеб.т}} = 0.302 \cdot 36254.5 = 10948.859 \text{ руб.};$$

$$С_{\text{внеб.п}} = 0.302 \cdot 202400 = 61124, 8 \text{ руб.}$$

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле 7 [30]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (44)$$

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

$$C_{\text{накл.}}=0.8 \cdot 260352=208281,6 \text{ руб.};$$

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Фонд заработной платы

Исполнитель	Число исполнителей	Трудоемкость выполнения работы Тисп. д	Заработная плата по тарифной ставке руб./мес.	Среднедневная заработная плата, руб	Основная заработная плата исполнителя ЗПосн, руб.	Месячный должностной оклад, руб
Дипломник (техник)	1	100	6595	329.75	32975	8573.5
Руководитель (профессор)	1	100	36800	1840	184000	47840
Итого:	2	200			216975	

Таким образом, на основании полученных данных по отдельным статьям затрат составим калькуляцию плановой себестоимости НТИ (таблица 35).

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	55500	п. 1
Затраты по основной заработной плате исполнителей	216975	п. 2
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	21697, 5	п. 2
Отчисления во внебюджетные фонды	72073, 6	п. 3
Накладные расходы	208281, 6	п. 4

Итого	574528
--------------	---------------

Из таблицы 35 видно, что для реализации проекта необходимо что бы бюджет НТИ составлял 574528 руб.

4.4 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

4.4.1 Оценка сравнительной эффективности проекта

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [30]:

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (45)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i - го параметра;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 36, которая приведена ниже. В текущем исследовании применялась механизированная сварка в защитном газе. В качестве аналогов рассмотрим механизированную сварку порошковой проволокой (аналог 1) и ручную дуговую сварку покрытыми электродами (аналог 2).

Таблица 36 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

По формуле 45 и данным таблицы 36 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

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

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

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

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

Вывод

В рамках выполненной работы был проведен технико-экономический анализ исследования разработки нового технологического процесса сборки и сварки корпуса «Диоген 700».

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

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

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

Так же был составлен план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником. Кроме этого был рассчитан бюджет научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта, он составил 574528 руб.

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

Результаты исследования могут найти практическое применение на объектах строительства резервуарных парков.

5 Социальная ответственность

5.1 Анализ сварочного производства

В данном разделе решается вопрос охраны труда сварщика на стадии сварки корпуса «Диоген–700». Взрывозащищенные устройства «ДИОГЕН–500» и «ДИОГЕН–700/700М» (в дальнейшем, изделия), предназначены для установки на крышке овального или круглого люков–лазов, размещенных на первом поясе резервуаров с нефтью и эксплуатируются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51330.13 [31], гл.7.3 ПУЭ, настоящего «Руководства по эксплуатации в наружных установках во взрывоопасных зонах класса 2».

Общий размер цеха составляет 200 м². Рабочее место на сварочном участке, занимает площадь 30 м². Следует отметить, что площадь одного рабочего места сварщика должна быть не меньше 4, 5 м².

На участке изготовления корпуса идентифицированы следующие вредные и опасные факторы производственной среды:

- возможность поражения электрическим током;
- световое излучение сварочной дуги;
- наличие в воздухе вредных смесей, пыли;
- пожарная опасность;
- недостаточная освещенность на рабочем месте;
- отклонение параметров микроклимата от нормативных требований;
- физические перегрузки;
- повышенный уровень шума.

5.1.1 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция

Существенное влияние на состояние организма работника и его работоспособность оказывает микроклимат в производственных помещениях, под которым понимают климат внутренней среды этих помещений. Он определяется совместным действием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

Человек работоспособен и хорошо себя чувствует, если оптимальные значения температуры окружающего воздуха составляют – 18 - 20°C, относительная влажность – 40–60%, а скорость движения воздуха – 0,1–0,2 м/с.

Нормирование параметров микроклимата заключается в установлении их оптимальных или допустимых величин в отношении конкретных производственных условий. Оно проводится с учетом следующих характеристик: степени тяжести выполняемой работы; времени года; количества избыточного тепла, поступающего в рабочую зону от оборудования (СанПиН 3359–16 «Санитарно - эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах») [32].

Работа сварщика по тяжести труда относится к III категории работ, тяжелая – затраты энергии составляют 291 - 349 Вт (251–300 ккал / ч).

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в теплый и холодный периоды приведены в таблице 37.

Таблица 37 – Оптимальные и допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне для помещений (согласно СанПиН 3359–16 [32]).

	Время года	Категория тяжести работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м / с
Оптимальные параметры	Холодный Теплый	Тяжелая - III	16–18 18–20	40–60 40–60	0,3 0,4
Допустимые параметры	Холодная Теплая	Тяжелая - III	13–19 15–26	75 75	0,5 0,6 - 0,5

Допустимые значения температуры воздуха в производственных помещениях на постоянных рабочих местах, представленных в таблице 37,

можно повышать в теплый период года при сохранении приведенных там же значений относительной влажности воздуха следующим образом:

- в помещениях с незначительным избытком явной теплоты – на 3°C , но не более чем до 31°C ;
- при значительных излишках явной теплоты – 5°C (до 33°C);
- в помещениях, где по технологии производства требуется искусственное поддержание соответствующей температуры и относительной влажности воздуха независимо от величины избытка явной теплоты – 2°C (до 30°C).

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха, соответствующего нормативным нормам.

Согласно СанПиН 3359–16 [32], температура внутренних поверхностей помещений (стены, пол, потолок), а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или его защитных устройств (экранов и т.п.), не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для данной категории работ – тяжелая III, указанных в таблице 37.

Помещения, в которых проходит механизированная дуговая сварка оснащены приточно–вытяжной вентиляцией не менее чем с трехкратным обменом.

5.1.2 Производственный шум

Основными источниками шума являются станки для резки металла, сварочная дуга и источники питания. Источником питания (ИП) сварочной дуги называют устройство, которое обеспечивает необходимый род и силу тока дуги.

Уровень шума от сварочной дуги определяется стабильностью ее горения. Поэтому при сварке покрытыми электродами и другими сварочными материалами, в содержании которых присутствуют элементы–стабилизаторы дуги, уровень шума не превышает допустимого уровня звукового значения. Сварка в углекислом газе, особенно проволокой сплошного сечения, не отличается высокой стабильностью горения дуги, уровень звукового значения в зависимости от режима сварки может быть выше допустимых значений.

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно СанПиН 3359–16 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [32]. Максимальный уровень шума, который колеблется во времени и прерывается, не должен превышать 80 дБА СанПиН 3359–16 [32]. Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА.

При разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.

Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029–80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация» [33]. Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьбу с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощения и установку глушителей шума, проводя акустическую обработку поверхностей помещения.

На рабочих местах промышленных предприятий защита от шума должна обеспечиваться строительно–акустическими методами:

- применением ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;
- применением звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);
- применением акустических экранов;
- применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;
- виброизоляцией технологического оборудования.

Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051–87 (СТ СЭВ 5803–86) «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний» [34]. Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: противозумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противозумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противозумные шлемы и каски; противозумные костюмы (ГОСТ 12.1.029–80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума») [35].

5.1.3 Освещение

По категориям зрительных работ полуавтоматическая сварка относится к восьмой категории - общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор). Согласно СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [36] требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблице 38.

Таблица 38 - Требования к освещению помещений промышленных предприятий (согласно СанПиН 2.2.4.3359–16 [32])

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)
Контраст объект с	Независимое от характеристик фона и контрастности

фоном	объекта			
характеристика фона				
Искусственное освещение	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	-
			В т.ч. от общего	-
		При системе общего освещения		200
	Совокупность нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации		Р	40
			Кп, %	20
Естественное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			3
	При боковом освещении			1
Совмещенное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			1,8
	При боковом освещении			0,6

Источником освещения на участке изготовления трубных соединений обеспечивается комплекс факторов, основные из которых: характер работы, условия среды и размеры помещения. Анализируя эти факторы, делаем вывод, что наиболее удобным источником освещения является крыша.

5.1.4 Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение сварочной дуги

Излучения сварочной дуги оказывают вредное воздействие на электросварщика и окружающих людей. Горение дуги сопровождается ярким световым и невидимым ультрафиолетовым и инфракрасным излучениями. Видимые световые лучи ослепляюще действуют на глаза, поражая сосудистую и сетчатую оболочку глаза, при длительном воздействии ослабляют зрение.

Невидимые ультрафиолетовые лучи оказывают вредное влияние на глаза, поражая сетчатку и роговую оболочку их, и кожу человека. Длительное воздействие этих лучей вызывает слезотечение, боли и рези в глазах, светобоязнь, открытые участки кожи получают ожоги, аналогичные солнечным.

Невидимые инфракрасные (тепловые) лучи при длительном воздействии вызывают ожоги кожи и заболевание глаз человека. Даже кратковременное (10–20 с) на расстоянии до 1 м действие сварочной дуги на незащищенные глаза является опасным для зрения. Длительное воздействие

дуги в течение нескольких часов может привести к более тяжелым последствиям (электроофтальмия, катаракта).

Опасное действие лучей сварочной дуги на незащищенные глаза и кожу человека проявляется на расстоянии до 10 м. Опасность может представлять даже отражение дуги от стен и поверхностей, освещение лица человека в профиль.

5.1.5 Наличие в воздухе вредных веществ – паров, газов, пылей (аэрозолей) и их смесей.

При выполнении сварочных работ используется присадочная проволока Св - 08Г2С и защитная среда – смесь газов (аргон 75%, углекислый газ 25 %).

В процессе проведения сварочных работ выделяются разнообразные примеси, основными из которых являются твердые частицы и газы. Основными компонентами пыли при сварке оказываются окислы железа, марганца, хрома, кремния, фтористые и другие соединения. Наиболее вредными веществами, которые входят в состав покрытия и металла проволоки является хром, марганец и фтористые соединения. Воздух в рабочей зоне сварщика также загрязняется вредными газами окиси углерода.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется вентиляцией. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице 39 согласно ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [37].

Таблица 39 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) наиболее часто встречающихся вредных веществ (ВВ) в воздухе рабочей зоны (РЗ) сварочных цехов и атмосферном воздухе населенных пунктов.

ВВ	ПДК, мг/м ³		Класс опасности	Агрегатное состояние
	в воздухе РЗ	в атмосферном воздухе		

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

Кобальт металлический, оксид кобальта	0, 5	0, 001	2	
Марганец (до 20 % в сварочном аэрозоле)	0, 2	0, 01		
Медь металлическая	1/0, 5*	-		
Молибден (растворимые соединения в виде аэрозоля конденсации)	2		3	
Молибден, нерастворимые соединения	6		1	П
Никель, оксид никеля	0, 05			
Озон	0, 1			
Свинец и его неорганические соединения	0, 01/0, 005*	0, 001		
Титан и его оксиды	10	-	4	А
Торий	0, 05		1	
Углерода оксид	20	5/3	4	П

Феррохром металлический	2	-	3	А
Фтористый водород	0, 5/0, 1*	0, 02	2	П
Фтористо - водородной кислоты соли (хорошо растворимые в воде)	2	0, 03		А
Хромовый ангидрид, хроматы, бихроматы	0, 01	-	1	
Цинка оксид	0, 5	0, 05	2	

5.1.6 Электробезопасность

Для выполнения сварки используется полуавтомат ПДГ–508 и источник питания ВДУ–506. Номинальное напряжение холостого хода источников питания дуговой сварки не должно превышать значений, приведенных в таблице 40.

Таблица 40 – Допустимое номинальное напряжение холостого хода

Рабочие условия сварки	Род тока и номинальное напряжение холостого хода, В, не более
Сварка с механическим перемещением горелки, с повышенной защитой сварщика	(=) 14 среднее значение

Безопасность работы с электрооборудованием достигается при выполнении следующих условий:

1. Исправное состояние всех электрических блокировок.
2. Надежное защитное заземление корпусов всех блоков аппаратуры.
3. Исправное состояние электронной пушки и сварочной камеры.

Меры безопасности при работе и обслуживании аппаратуры согласно ПУЭ – 84:

– обязательное заземление всех блоков аппаратуры с помощью кабелей заземления, которыми комплектуется аппаратура;

– места подключения заземления должны быть обозначены знаками;

– величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом;

– пересечение контура заземления должно быть не менее 80 мм^2 .

По электробезопасности помещения подразделяются на 3 группы [38]:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой $18\text{--}20^\circ\text{C}$, с влажностью $40\text{--}50\%$).

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность $70\text{--}80\%$, токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого количества оборудования).

3. Помещения особо опасные, в которых имеется наличие двух признаков из второй группы или имеются в помещении едкие или ядовитые взрывоопасные вещества.

5.1.7 Расчёт защитного заземления

У сварочного оборудования система заземления состоит из заземлителей металлических предметов, углубленных в землю, заземляющих проводников и заземляющей магистрали.

Заземляющий проводник одним концом присоединяется к корпусу оборудования, а другим концом к заземляющей магистрали. Соединение заземлителей с элементами электроустройств должно быть надежно закреплено посредством сварки. В качестве материала для выполнения заземлений применяют сталь.

Допускаемые параметры силы тока не должны превышать $I < 0,1 \text{ А}$; напряжения $U < 36 \text{ В}$; сопротивления $R_{\text{земли}} < 4 \text{ Ом}$.

Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ : диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Сопротивление человеческого организма в зависимости от его состояния (утомленность, влажность кожи, состояние здоровья) меняется в

широких пределах от 1000 до 20000 Ом. Напряжение холостого хода источников питания дуги достигает 90 В, а сжатой дуги 200 В. В соответствии с законом Ома при неблагоприятном состоянии сварщика через него может пройти ток, близкий к предельному:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{90}{1000} = 0,09 \text{ А}.$$

Всё применяемое сварочное оборудование питается от сети напряжением 380 В.

В качестве электродов–заземлителей принимаем трубы диаметром 40 мм, толщиной стенки 4 мм, и длиной 3000 мм. Трубы присоединяются к соединительной полосе и устанавливаются на глубину 800 мм от поверхности земли.

Расстояние между электродов–заземлителей вычисляем по формуле:

$$a = l_0 \cdot (1...3); \quad (46)$$

где l_0 – длина электрода–заземлителя, мм.

$$a = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ мм.}$$

Наибольшее допустимое сопротивление заземлителя равно 4 Ом.

Для почвы «суглинок» удельное сопротивление, $\rho_{\Gamma} = \text{Ом} \cdot \text{см}$.

С учётом возможности просыхания грунта летом и промерзания зимой, расчётное сопротивление для электрода–заземлителя $\rho_{\text{э}}$ и для соединительной полосы $\rho_{\text{п}}$, вычисляем по формулам:

$$\rho_{\text{э}} = \rho_{\text{э}} \cdot K_{\text{э}}; \quad (47)$$

$$\rho_{\text{п}} = \rho_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}}; \quad (48)$$

где $K_{\text{э}}$, $K_{\text{п}}$ – повышающие коэффициенты.

$$\rho_{\text{э}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,9 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

$$\rho_{\text{п}} = 1 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 4,5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см.}$$

Величину сопротивления одной трубы, забитой в землю, вычисляем по формуле:

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho_{\text{э}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{т}}} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\text{т}}}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_{\text{т}} + l_{\text{т}}}{4 \cdot h_{\text{т}} - l_{\text{т}}} \right); \quad (49)$$

где $l_{\text{т}}$ – длина трубы, см;

h_T – глубина заложения трубы в грунт, равная расстоянию от поверхности земли до середины трубы, см;

d – наружный диаметр трубы, см;

ρ_3 – удельное расчётное сопротивление для электрода–заземлителя, Ом*см.

$$R_3 = \frac{1,9 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 300}{4} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 230 + 300}{4 \cdot 230 - 300} \right) = 53,8 \text{ Ом.}$$

Принимаем $R_3 = 58 \text{ Ом}$.

Требуемое количество заземлителей n , вычисляем по формуле:

$$n = \frac{R_3}{r_3}; \quad (50)$$

где r_3 – допустимое сопротивление заземлителя, равное 4 Ом.

$$n = \frac{58}{4} = 14,5.$$

Так как трубы соединяются полосой, уменьшаем количество труб до 14 штук.

Длина соединительной полосы l_n , вычисляем по формуле:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1). \quad (51)$$

$$l_n = 1,05 \cdot 3 \cdot (14 - 1) = 41 \text{ м.}$$

Сопротивление соединительной полосы R_n , вычисляем по формуле:

$$R_n = \frac{\rho_n}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{h_n \cdot b}; \quad (52)$$

где ρ_n – удельное сопротивление грунта для полосы, Ом*см;

h_n – глубина заложения полосы в землю, см;

l_n – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см.

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 4100^2}{80 \cdot 5} = 19,8 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление R_c , вычисляем по формуле:

$$R_c = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_3 \cdot n}; \quad (53)$$

где η_n , η_3 – коэффициенты использования полосы и трубы соответственно.

$$R_c = \frac{58 \cdot 19,8}{58 \cdot 0,76 + 19,8 \cdot 0,62 \cdot 14} = 5,31 \text{ Ом.}$$

Так как $R_c > 4 \text{ Ом}$, то принимаем $a = 6000 \text{ мм}$.

$$l_n = 1,05 \cdot 6 \cdot (14 - 1) = 82 \text{ м.}$$

$$R_n = \frac{4,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 8200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 8200^2}{80 \cdot 5} = 11,1 \text{ Ом.}$$

$$R_c = \frac{58 \cdot 11,1}{58 \cdot 0,76 + 11,1 \cdot 0,74 \cdot 14} = 4 \text{ Ом.}$$

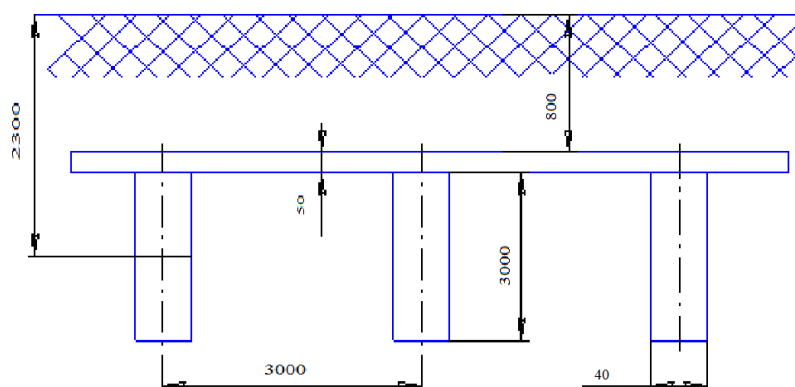


Рисунок 20 – Схема установки заземлителей

Таким образом, результирующее сопротивление защитного заземления при рассчитанном количестве электродов не превышает допустимого.

Полученная величина при проверке удовлетворяет нормам. Следовательно, диаметр заземлителя $d=4 \text{ мм}$ при числе заземлителей $n=14$ на расстоянии метра друг от друга. Длина соединительной полосы метров, сопротивление соединительной полосы Ом при глубине заложения 80 м является достаточным для обеспечения защиты при данной схеме расположения заземлителей.

5.1.8 Противопожарная безопасность

Цех, в котором находится сварочный участок, по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории А (Взрывоопасные), СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1)»

[39]., поскольку здесь присутствуют горючие вещества (газы: ацетилен, пропан - бутан) и взрывоопасные вещества (газовые баллоны), которые при взаимодействии с огнем или пылью взрываются.

Таблица 41 – Классификация пожаров и рекомендуемые огнетушащие вещества ГОСТ 27331–87«Пожарная техника. Классификация пожаров» [40]

класс пожара	Характеристика горючего среды или горящего объекта	Рекомендуемые огнетушащие вещества
С	Горючие газы (водород, ацетилен, углеводороды и др.)	Газовые составляющие: инертные разбавители (азот, углекислый газ), галоген – углеводородные, порошки, вода (для охлаждения)

План эвакуации из сварочного цеха (рисунок 21) предназначен для обеспечения безопасности сотрудников при возникновении пожара, здесь указываются все возможные выходы, наиболее благоприятные пути следования и места размещения оборудования, применение которого поможет избежать неблагоприятной ситуации.

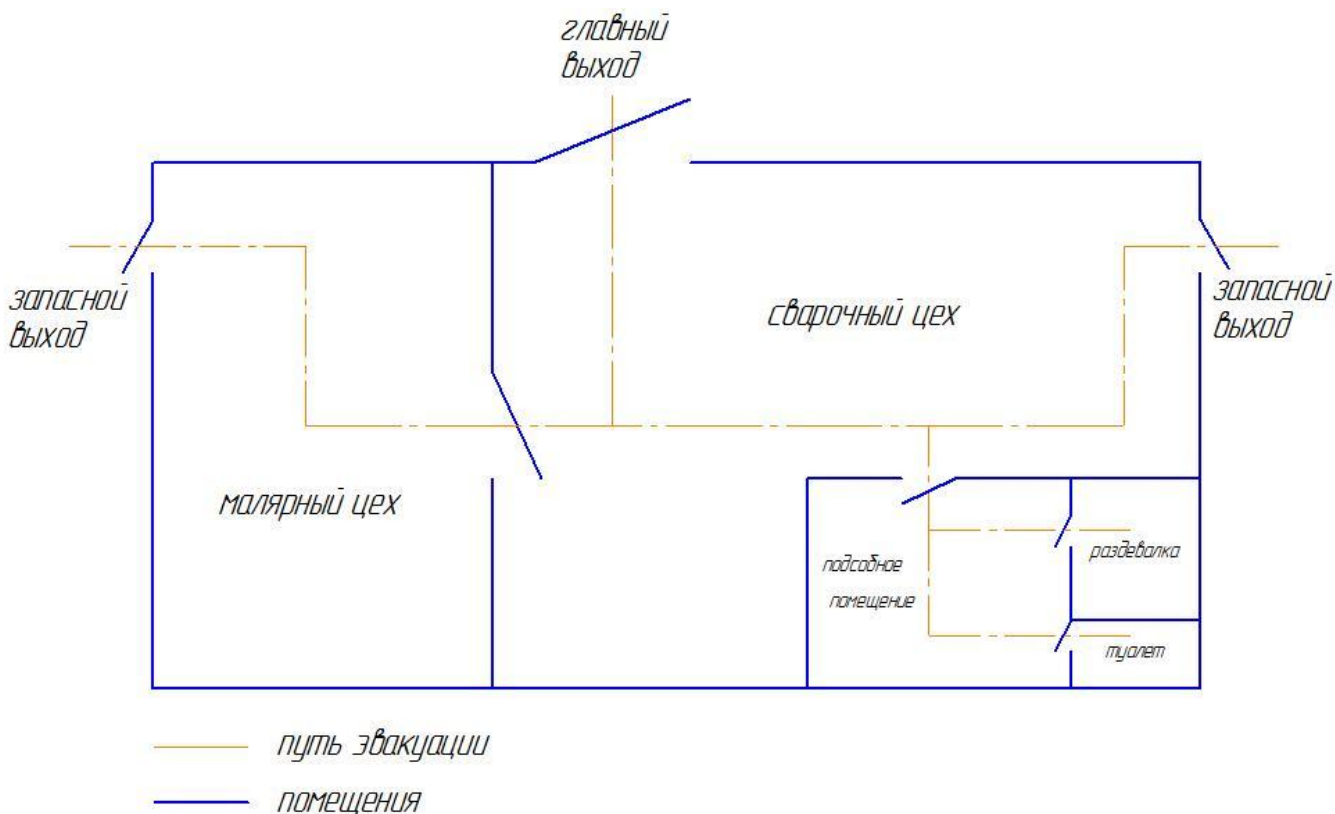


Рисунок 21 – План эвакуации

5.1.9 Мероприятия по очистке воздуха от пыли

Очистка воздуха от пыли (аэрозолей) осуществляется с помощью специального оборудования, различных конструкций в зависимости от размеров частиц пыли: грубая очистка (10...50 мкм), среднее (более 1 мкм) и тонкая (менее 1 мкм). Для этого применяются циклоны и пылеосадительные камеры, принцип действия которых основан на использовании сил тяжести и инерции; волокнистые (тканевые) и рукавные, изготовленные из натуральных материалов (хлопок, лен, шерсть) и синтетических (полиамидные, полипропиленовые и другие волокна); ротационные пылепреобразователи (в виде радиальных вентиляторов); электрофильтры, улавливающие аэрозоли за счет подзарядки их частиц в электрическом поле и дальнейшем осаждения.

Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры.

5.2 Охрана окружающей среды

Производственные процессы не должны загрязнять окружающую среду (воздух, почву, водоемы) вредными выбросами и отходами. Удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, должно производиться своевременно и организованно, при этом:

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02–2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями» [41]. Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно СНиП 2.04.02 «Водоснабжение наружные сети и сооружения» [42] и должна отвечать требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Отходы производства должны подвергаться утилизации и обезвреживанию, организованному хранению в отвалах или захоронению. Особо опасные отходы должны подвергаться захоронению в специальных могильниках.

Экология и переработка отходов, в том числе и сварочного производства одна из кардинальных проблем, стоящих перед человечеством и всей мировой экономикой.

Сварочное производство не без оснований относится к довольно вредным производствам, влияющим на здоровье рабочего персонала и на окружающую среду. Ученые и разработчики сварочных технологий и присадочных материалов в качестве приоритета ставят их экологическую безопасность и минимальное воздействие на рабочее пространство и персонал. Не менее актуальны в сварочном производстве проблемы сокращения и утилизации отходов, повышения объема рециклинга (возвращение отходов в круговорот «производство – потребление») сварных конструкций и изделий после завершения срока их эксплуатации.

Отходами в сварочном производстве газовой сварки являются: металлолом черных и цветных металлов и сплавов, отработанные абразивные круги, мусор от уборки территории, сварочный шлак, промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится: в специальные контейнеры, на специальные площадки для крупногабаритных отходов (металлолом), на территориях цехов, в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнерах исключается попадание атмосферных осадков и раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы

подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения (обособленное помещение, выполненное из металлических листов), исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

Перемещение отходов на территории промышленного предприятия должно соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, предъявляемым к территориям и помещениям промышленных предприятий. При перемещении отходов в закрытых помещениях следует использовать автопогрузчики.

5.3 Чрезвычайные ситуации

Выполнение потенциально опасных сварочных работ требует соблюдения определенных мер по технике безопасности. Они включают в себя перечень специальных мероприятий, условия работы сварщика, подготовку оборудования и самого помещения к работе. Техника безопасности в данном случае является обязательной к исполнению. Правилами пренебрегать нельзя, так как это может привести к несчастным случаям.

На сварочном участке во время работ могут возникать следующие опасные ситуации:

1. Повышенная пожароопасность работ, так как дело приходится иметь с высочайшими температурами, искрами и брызгами расплавленного металла. Необходимо не только защищать все поверхности, но и

использовать специальную защитную одежду, перчатки и маску для лица с затемненным стеклом.

2. Риск возникновения взрыва баллонов с газовыми смесями. Часто сварочные работы проводятся при использовании газовых смесей, которые легко воспламеняются. Поэтому хранить и использовать их необходимо аккуратно, в полном соответствии с требованиями для конкретного типа.

3. Во время сварки есть большой риск получить травмы. Связано это с плохо укрепленными заготовками, трубами.

4. Во время сварки выделяются вредные пары, которые оказывают негативное влияние на человека. Необходимо пользоваться специальной маской, применять респираторы.

5. Сварочные работы вредно влияют на глаза, поэтому когда применяется оборудование, надо использовать специальную маску со стеклом, имеющим различный индекс затемнения. Без такой маски начинать сварку нельзя ни в коем случае. Это касается не только искр, которые возникают при работе, но и того, что дуга высокой температуры способна буквально ослепить. Поэтому маска – это один из главных и основных элементов защиты сварщика.

6. При работе могут возникнуть ожоги. Чаще всего это происходит при неправильном обращении с заготовками, сварочным аппаратом, при попадании искр и брызг на руки. Чтобы это предотвратить, необходимо все заготовки укреплять прочно, надежно, а для рук применять специальные плотные рукавицы.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был проведен анализ литературы и выполнены расчеты по усовершенствованию действующего на предприятии технологического процесса сборки и сварки корпуса изделия «Диоген–700».

1. Произведен анализ возможных альтернативных способов сварки, которые могли бы помочь снизить трудоемкость и себестоимость сварочных работ и выбран самый подходящий из них.

2. Подобрано сборочное и сварочное оборудование, которое снижает трудоемкость и повышает качество изготавливаемого изделия.

3. Произведен подбор сварочных материалов для механизированной сварки в среде защитного газа.

4. Выполнены расчеты режимов ручной дуговой и механизированной сварки, определено количество необходимых проходов, что позволило обосновать правильность выбора способа сварки.

5. Разработан новый технологический процесс сборки и сварки с использованием оптимального сборочного оборудования и новой сварочной технологии.

6. Исследована экономическая целесообразность новой сборочно–сварочной технологии.

В ходе выполненной работы поставленные задачи были решены.

По оценке выполненных расчетов ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что они выше для технологического процесса механизированной сварки в защитном газе, по сравнению с другими способами сварки, следовательно разработанная технология финансово выгодна, так как затраты на ее разработку и дальнейшее продвижение на рынок окупаемы, следовательно цель работы достигнута.

Список использованной литературы

1. Федосов С., Оськин И. Основы технологии сварки. – М.: Машиностроение, 2011, – 128с.
2. Рыморов К.С. «Механизация и автоматизация сварочного производства» – М: Машиностроение, 2001, – 234 с .
3. Стеклов О. И. Основы сварочного производства - М.: Высшая школа, 1981. – 160с.
4. Марочник сталей и сплавов/ М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 672с.
5. И. Гривняк. Свариваемость сталей. М.: Машиностроение, 1984. – 215с.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. М., Машиностроение, 1974 г, – 138 с .
7. Акулов А.И., Бельчук Г.А. и Демянцевич Е.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение», 1977, – 432с.
8. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учеб. пособие для вузов / Н.П. Алешин. – 2 - е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2013, – 574 с .
9. Троицкий В.А. Неразрушающий контроль сварных соединений / В.А. Троицкий, М.И. Валевич. – М.: Машиностроение, 1988, – 112 с .
10. Способ очистки резервуаров для хранения горючих продуктов. Управление магистральных нефтепроводов Центр.Сиб. Авт. издательство Р.Л.Бухтаренко. Заяв. 03.03.78 № 2577098. Опубликовано. 28.11.79. Б.И. 1979 № 43, – 67 с .
11. Тюрин Н.А. Устройство, предотвращающее накопление осадков в мазутных резервуарах. – М.: ЦНИИТ Энефтехим. НТРС. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1980, № 4, – 98 с .

12. Штин И.В. и др. Технология размыва донных отложений в резервуарах типа РВС. Трубопроводный транспорт нефти. Приложение, 2001, № 12, – 101 с .
13. ГОСТ 19521–74 Сварка металлов. Классификация.
14. ГОСТ 6996–66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
15. ГОСТ 18353–73 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
16. ГОСТ 23055–78 Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля.
17. ГОСТ 1510–84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
18. РД 16.01–60.30.00–КТН - 026–1–04 «Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000–50000 м³».
19. ГОСТ 5264–80 Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
20. РД 03–606–03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
21. Каталог оборудования фирмы Steel mec sald [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://www.steelmeccsald.com> (дата обращения: 05.05.2017).
22. Каталог оборудования фирмы Mathey Dearman [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: <http://www.flangealignmenttools.com> (дата обращения : 05.05.2017).
23. Браткова О.Н. Источники питания сварочной дуги – М.: Высшая школа, 1982, – 187 с .
24. ГОСТ 10157–79 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия.

25. ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
26. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.
27. Трущенко Е.А. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд - во Томского политехнического университета, 2008, – 41 с.
28. ГОСТ 14771–76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
29. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсо - сбережение: учебно - методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд - во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с .
30. Экономические расчеты в дипломных проектах по техническим специальностям: Метод. указания для студентов / Сост.: Л.И. Горчакова, М.В. Лопатин. СПб.: Изд - во СПбГПУ, 2003. - 28 с .
31. ГОСТ Р 51330.13 Руководство по эксплуатации в наружных установках во взрывоопасных зонах класса 2.
32. СанПиН 3359 - 16 «Санитарно - эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
33. ГОСТ 12.1.029–80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ)».
34. ГОСТ 12.4.051–87 (СТ СЭВ 5803–86) «Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
35. ГОСТ 12.1.029–80 ССБТ «Средства и методы защиты от шума».
36. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
37. ГОСТ 12.1.005 - 88 ССБТ «Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

38. ГОСТ Р 12.1.009–2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682–ст).

39. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1)».

40. ГОСТ 27331–87 «Пожарная техника. Классификация пожаров».

41. ГОСТ 17.2.3.02–2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями».

42. СНиП 2.04.02 «Водоснабжение наружные сети и сооружения».