

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Отделение электронной инженерии
 Направление 15.03.01 Машиностроение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки эстакады под технологические трубопроводы

УДК 621.791.01:621.644.075-774.5-049.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Арышева Галина Владиславовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
Отделение электронной инженерии
Период выполнения весенний семестр 2021/2022 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:	03.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.04.2022 г.	Общая часть. Характеристика конструкции изделия	10
08.04.2022 г.	Требования нормативной документации. Оценка технологичности материала изделия. Заготовительное производство	15
15.04.2022 г.	Расчетно-технологическая часть. Анализ базовых технологических процессов. Сборочные операции. Технология сварки. Контроль качества	15
22.04.2022 г.	Производственно-технологическая часть. Обоснование выбора сварочного оборудования.	15
30.04.2022 г.	Выбор вспомогательного оборудования. Нормирование сборочно-сварочных работ.	15
23.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
02.06.2022 г.	Заключение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
15.03.01 «Машиностроение»
«Оборудование и технологии сварочного производства»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

(Подпись) _____ (Дата) Першина А.А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки эстакады под технологические трубопроводы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Технологические трубопроводы
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Обзор литературы; 2) выбор сварочных материалов; 3) расчет параметров режима сварки; 4) выбор источников питания; 5) расчет расхода сварочных материалов; 6) разработка технологии сборки, сварки; 7) обоснование выбора оптимального способа сварки.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	ФЮРА.501325.009.001 СБ Эстакада под технологические трубопроводы ФЮРА 02100.00001 Комплект технологической документации на технологически процесс изготовления эстакады трубопровода
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
3-1В71		Рязанов Сергей Андреевич	
Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30,2 %.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциальные потребители результатов исследования Анализ конкурентных технических решений SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения научного исследования. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение оценки сравнительной эффективности проекта.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	канд экон. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки эстакады под технологические трубопроводы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации

Объект исследования – технология сборки и сварки узлов эстакады

Область применения – строительная отрасль.

Рабочая зона – сборочно-сварочный цех.

Климатическая зона - Томская область. Местность равнинная. Климат умеренный.

Количество и наименование оборудования рабочей зоны:
- сварочный полуавтомат Lincoln Electric Powertec 365S

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне
- сборка;
- сварка.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
Приказ Минтруда России от 11.12.2020 N 884н "Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ" (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2020 N 61904)
Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда.

2. Производственная безопасность при эксплуатации:

- Анализ выявленных вредных и опасных факторов
- Обоснование мероприятий по снижению воздействия

Опасные факторы:

1. Опасные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых

	организмов; 2. опасные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе поле тяжести: а) действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего; б) неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним. 4. опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека. Вредные факторы: 1. Вредные производственные факторы, связанные со световой средой (некогерентными неионизирующими излучениями оптического диапазона электромагнитных полей) и характеризующиеся чрезмерными (аномальными относительно природных значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности: а) недостаток необходимого естественного освещения; б) недостаток необходимого искусственного освещения; в) повышенная пульсация светового потока. 2. вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей: повышенным уровнем локальной вибрации; 3. вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; 4. вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то
--	---

	есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: специальная одежда, специальная обувь, средства защиты головы, средства защиты органов дыхания, средства защиты лица, средства защиты глаз, средства защиты органов слуха, предохранительные приспособления, средства защиты рук, защитные дерматологические средства, вентиляционное оборудование, фильтровентиляционное оборудование.
3. Экологическая безопасность <u>при эксплуатации:</u>	Воздействие на литосферу: - необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора. Воздействие на гидросферу: - выбросы химических прекурсоров (ацетон, метанол). Воздействие на атмосферу: - выбросы вредных сварочных аэрозолей.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации:</u>	Возможные ЧС: пожар, морозы. Наиболее типичная ЧС: пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Рязанов Сергей Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 9 рисунков, 29 таблиц, 25 литературных источников, 9 листов демонстрационного материала (слайды).

Ключевые слова: эстакада трубопровода, узлы эстакады, механизированная сварка в углекислом газе.

Объектом разработки является технология для сборки и сварки узлов эстакады под технологические трубопроводы.

Цель работы – разработать технологию для сборки и сварки узлов эстакады под технологические трубопроводы.

Поставленная задача решается тем, что составляется технологическая документация и разрабатываются приспособления для сборки и сварки узлов эстакады под технологические трубопроводы.

Экономическая эффективность оборудования определяется малым сроком окупаемости $PP=0,3$ года.

Abstrakt

The final qualifying work contains 106 pages, 9 figures, 29 tables, 25 references, 9 sheets of demonstration material (slides).

Key words: pipeline trestle, trestle nodes, mechanized welding in carbon dioxide.

The object of development is a technology for assembling and welding of overpass nodes for technological pipelines.

The purpose of the work is to develop a technology for assembling and welding the overpass nodes for technological pipelines.

The task is solved by compiling technological documentation and developing fixtures for assembling and welding the trestle nodes for technological pipelines.

The economic efficiency of the equipment is determined by the short payback period $PP=0.3$ years.

Содержание

	С.
Введение	13
1 Описание конструкции эстакады под технологические трубопроводы	14
1.2 Конструктивные элементы опор и эстакад	23
1.3 Характеристика основного материала	30
1.3.1 Состав и свойства стали	30
1.3.2 Оценка свариваемости	31
2 Описание способов сварки	33
2.1 Характеристика ручной дуговой сварки	33
2.2 Характеристика сварки в защитном газе плавящимся электродом	34
2.3 Выбор сварочных материалов	35
2.3.1 Выбор материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	35
2.3.2 Выбор материалов для сварки в защитном газе плавящимся электродом	39
2.4 Выбор сварочного оборудования	40
2.4.1 Для ручной дуговой сварки	40
2.4.2 Для механизированной сварки в среде углекислого газа	46
3 Расчет и выбор режимов сварки	50
3.1 Расчет и выбор режимов сварки и размеров шва для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	50
3.2 Расчет и выбор режимов сварки и размеров шва для механизированной сварки в углекислом газе	54
3.3 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами	60
3.4 Расход сварочных материалов при сварке в среде углекислого газа плавящимся электродом	61
3.5 Технология сборки и сварки конструкции	62
3.5.1 Заготовительные операции	62
3.5.2 Сборка металла под сварку	64
4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	65
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	65
4.2 Анализ конкурентных технических решений	66
	11

4.3 SWOT-анализ	67
4.4 Планирование научно-исследовательских работ	68
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	68
4.4.2 Определение трудоемкости работ	68
4.4.3 График проведения научного исследования	70
4.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	73
4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ	73
4.4.6 Затраты на оборудование	74
4.4.7 Расчет основной и дополнительной заработной платы	75
4.4.8 Расчет затрат на научные и производственные командировки	78
4.4.9 Контрагентные расходы	78
4.4.10 Накладные расходы	79
4.4.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	80
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
5 Социальная ответственность	84
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	84
5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	84
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	85
5.2. Производственная безопасность.	87
5.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	87
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	88
5.3 Экологическая безопасность	93
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
5.6 Выводы по разделу	96
Заключение	97
Список использованных источников	98
Приложение А	100
ФЮРА.501325.009.001 СБ Эстакада под технологические трубопроводы	100
	101
Приложение Б	103
ФЮРА 02100.00001 Комплект технологической документации на технологически процесс изготовления эстакады трубопровода	104

Введение

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

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

Эстакада представляет собой это строительное сооружение мостового типа. Различают наземные и надводные виды. Она состоит из большого количества однотипных пролётов и опор.

Производство эстакад осуществляется на основе металлического каркаса с использованием железобетонных сооружений. Самым важным элементом является её каркас (основа), потому что именно при его изготовлении определяются ключевые свойства и технические характеристики будущей металлоконструкции.

В настоящей работе разработана технология сварки эстакады для перехода при строительстве нефтепровода через автодорогу надземным способом.

1 Описание конструкции эстакады под технологические трубопроводы

Опоры и эстакады под технологические трубопроводы представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для размещения технологических трубопроводов. Отдельно стоящая опора под трубопроводы состоит из одной или нескольких колонн, связей, траверсы и фундамента. Эстакада состоит из опор (опора включает в себя: колонны, связи, фундаменты), пролетных строений (ферм, балок), траверс, связей по фермам.

В продольном направлении отдельно стоящие опоры и эстакады следует разбивать на температурные блоки, длина которых принимается в зависимости от предельных расстояний между неподвижными опорными частями трубопроводов и расчета конструкций на климатические воздействия. Температурный блок состоит из пролетных строений, одной анкерной опоры и промежуточных опор. Анкерные промежуточные опоры следует устанавливать, как правило, в середине температурного блока. В местах поворота или конца трассы применяются анкерные угловые или концевые опоры. При прокладке трубопроводов по отдельно стоящим опорам образуется условный температурный блок, включающий в себя анкерную и промежуточные опоры. Для эстакад с железобетонными опорами применяется температурный блок без анкерных опор. Передача нагрузок на отдельно стоящие опоры и эстакады от трубопроводов производится посредством подвижных и неподвижных опорных частей трубопроводов. Восприятие температурных удлинений трубопроводов осуществляется компенсаторами. Опорные части, и компенсаторы относятся к деталям трубопроводов и задаются заданием на проектирование. Отдельно стоящие опоры и эстакады для технологических трубопроводов должны проектироваться на срок эксплуатации не менее 25 лет. Прокладка трубопроводов на эстакадах, высоких или низких отдельно стоящих опорах применяется при любом сочетании трубопроводов независимо от свойств и параметров транспортируемых веществ. Пересечение и параллельное размещение отдельно стоящих опор и эстакад с воздушными линиями

электропередач, а также совместная прокладка трубопроводов и электрокабелей должны осуществляться в соответствии с Правилами устройства электроустановок.

При проектировании железобетонных и стальных конструкций отдельно стоящих опор и эстакад должны выполняться требования, предусматриваемые СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». Стальные конструкции указанных сооружений должны быть заземлены. В зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений отдельно стоящие опоры и эстакады могут проектироваться различных типов, отличающихся между собой по следующим признакам: по материалу конструкций: железобетонные, стальные, комбинированные (стальные и железобетонные); по конструктивным решениям несущих конструкций: пролетных строений, опор, фундаментов; по высоте верха опор: низкие и высокие; по способам разложения труб на опорах и эстакадах: одноярусное, двухъярусное, многоярусное.

Выбор тех или иных конструктивных решений производится на основании действующих нормативных документов, технологических требований, противопожарных требований, технико-экономических обоснований, требований типизации и унификации, действующих типовых проектов, а также возможной реконструкции предприятия. Исходными данными для разработки конструкций опор и эстакад являются: технологическое задание на проектирование, район строительства, генеральный план местности с нанесением на нем всех подземных и наземных коммуникаций, данные инженерной геологии, сведения о производственной базе строительных конструкций.

Технологическое задание на проектирование отдельно стоящих опор и эстакад должно включать:

- план и продольный профиль трубопроводной трассы с указанием привязки подвижных и неподвижных опорных частей трубопроводов,

компенсаторов, мест расположения анкерных опор и компенсирующих устройств;

- наименование трубопроводов, их привязка к строительным конструкциям;

- характеристика трубопроводов: наружный диаметр, нагрузка от веса трубопроводов, изоляционной конструкции, транспортируемого вещества, толщина изоляционной конструкции, возможность отложения пыли внутри трубопроводов, температура трубопроводов;

- тип опорных частей и максимально возможные их перемещения, горизонтальные нагрузки на неподвижные опорные части трубопроводов, размеры и тип компенсаторов;

- устройства для обслуживания трубопроводов: лестницы, проходные мостики, площадки;

- данные по резервным нагрузкам и габаритам при возможной реконструкции предприятия;

- предельные перемещения конструкций и оснований;

- особые технологические требования.

При проектировании отдельно стоящих опор и эстакад следует преимущественно применять утвержденные типовые конструкции и узлы.

Прокладку трубопроводных сетей следует предусматривать вдоль проездов и дорог, как правило, со стороны, противоположной размещению тротуаров и пешеходных дорожек, выбирая по возможности кратчайшее расстояние между зданиями и сооружениями. Внутри производственных кварталов трассы трубопроводов следует проектировать параллельно линиям застройки.

Пересечение трубопроводов с железными и автомобильными дорогами должно предусматриваться, как правило, под углом 90° , но не менее 45° .

Высоту (расстояние от планировочной отметки земли до верха траверсы) отдельно стоящих опор и эстакад следует принимать: для низких отдельно стоящих опор – от 0,3 до 1,2 м, кратной 0,3 м в зависимости от

планировки земли и уклонов трубопроводов; для высоких отдельно стоящих опор и эстакад – кратной 0,6 м, обеспечивающий проезд под трубопроводами и эстакадами железнодорожного и автомобильного транспорта в соответствии с габаритами приложения строений.

Прокладку трубопроводов на эстакадах рекомендуется применять при большом количестве трубопроводов малых диаметров, ответвлений и пересечений, при большой плотности застройки территории предприятия.

Прокладку трубопроводов на низких опорах следует предусматривать по территории, не подлежащим застройке, при отсутствии, как правило, пересечения с дорогами, а также вне пахотных земель.

Места разрывов температурных блоков следует, как правило, совмещать с компенсирующими устройствами трубопроводов, при этом необходимо предусматривать наибольшую возможную длину температурных блоков.

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

В поперечном сечении эстакад и отдельно стоящих опор рекомендуется равномерное распределение нагрузки от трубопроводов с возможной перегрузкой одной из сторон не более 20%.

При прокладке трубопроводов по эстакадам гибкие компенсаторы рекомендуется устанавливать между отдельными температурными блоками или в наиболее возможной близости от этого места (не далее 5 м по длине эстакады от температурного разрыва).

Для уменьшения нагрузок на пролетные строения эстакад рекомендуется использовать самонесущую способность трубопроводов большого диаметра с опиранием их только на траверсы над опорами эстакад или вблизи них.

Места ответвлений на основной эстакаде рекомендуется принимать по табл. 1.1

Таблица 1.1 – Места ответвлений на основной эстакаде

Отношение вертикальной нагрузки на 1 м длины ответвляемой эстакады к аналогичной нагрузке основной эстакады	Рекомендуемое место ответвления на основной эстакады
<0,3	В любом месте
0,3-0,5	Не далее 5 м от любой опоры
>0,5	То же, от анкерной опоры

В целях сокращения ширины эстакады и отдельно стоящих опор мелкие трубопроводы диаметром 50-200 мм допускается крепить к большим трубопроводам, а также в отдельных случаях на дополнительных консолях, установленных к стойкам между ярусами эстакад.

Для эстакад с анкерными опорами неподвижные закрепления трубопроводов рекомендуется осуществлять на траверсах этих опор в каждом блоке.

При прокладке трубопроводов по отдельно стоящим опорам на анкерных должно предусматриваться неподвижное крепление всех или части трубопроводов.

При проектировании отдельно стоящих опор и эстакад уклон трубопроводов должен создаваться за счет изменения отметки верхнего обреза фундамента или длины колонн с учетом рельефа поверхности земли вдоль трассы. Расстояние между отдельно стоящими опорами под трубопроводы должны назначаться исходя из расчета труб на прочность и жесткость. Шаг между опорами эстакад рекомендуется принимать 12, 18, 24 и 30 м.

При прокладке трубопроводов на низких опорах расстояние от поверхности земли до низа труб или теплоизоляции должно быть не менее 0,35 м при ширине группы труб менее 1,5 м и 0,5 м – при 1,5 м и более. Для

перехода через трубопроводы следует предусматривать пешеходные мостики шириной не менее 0,9 м.

При прокладке по эстакадам трубопроводов, требующих регулярного обслуживания (не менее одного раза в смену), а также в многоярусных эстакадах должны предусматриваться, как правило, проходные мостики шириной не менее 0,6 м с перилами высотой не менее 1 м и через каждые 200 м лестницы – вертикальные с шатровым ограждением или маршевые.

Проходные мостики при прокладке по эстакадам и отдельно стоящим опорам рекомендуется предусматривать также в местах пересечения железных дорог, оврагов и на других труднодоступных для обслуживания трубопроводов местах.

Отдельно стоящие опоры и эстакады следует, как правило, проектировать сборными из унифицированных железобетонных конструкций с ненапряженной или напряженной арматурой. Применение стальных конструкций допускается в соответствии с Техническими правилами по экономному расходованию основных строительных материалов.

Конструкции отдельно стоящих опор и эстакад под трубопроводы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами должны проектироваться несгораемыми. Тип опорных частей трубопроводов определяется технологическим заданием в зависимости от величины передаваемых нагрузок и возможного перемещения трубопровода. При выборе подвижных частей следует стремиться к применению устройств, снижающих коэффициент трения, например прокладок из фторопласта и др.

Железобетонные опоры могут применяться с колоннами, заземленными в отдельные фундаменты, в виде одиночных свай-колонн, объединенных в плоские или пространственные системы; в виде колонн, установленных на односвайные фундаменты из свай-оболочек и буронабивных свай. Колонны стальных опор следует применять жестко соединенными с фундаментами. Допускается применение шарнирного опирания на фундаменты при условии обеспечения устойчивости опор в

продольном направлении пролетными строениями или трубами и анкерными опорами.

Для отдельно стоящих опор с применением железобетонных шпал, температурный блок komponуется из промежуточных опор в виде железобетонных шпал, укладываемых на песчаную подушку, защищенную от выдувания путем пропитки ее битумом, и анкерных низких железобетонных опор (Указанные конструкции опор следует применять при непучинистых грунтах).

Траверсы для опирания трубопроводов подразделяются на рядовые и усиленные. На рядовых траверсах должно быть предусмотрено подвижное опирание трубопроводов, а на усиленных – неподвижное закрепление. Железобетонные траверсы рекомендуется проектировать прямоугольного сечения. Железобетонные траверсы должны иметь стальные закладные детали для размещения опорных частей трубопроводов и для крепления их к колоннам опоры или пролетным строением эстакад. Стальные траверсы рекомендуется выполнять коробчатого сварного сечения из двух швеллеров или гнутых замкнутых профилей.

Опоры эстакады

Опоры эстакад могут выполняться из сборного железобетона или стали.

В одноярусных эстакадах сборные железобетонные опоры могут быть одностоечными с железобетонными или стальными горизонтальными элементами.

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

Пролеты эстакады

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

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

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

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

Соединение сборных железобетонных пролетных строений и стоек, а также траверс с пролетными строениями выполняется при помощи сварки закладных деталей. Закладные детали должны тщательно защищаться от коррозии путем обетонирования их по стальным сеткам, которые должны привариваться к закладным деталям. В тех местах, где нельзя выполнить обетонировку, открытые поверхности закладных деталей должны

систематически окрашиваться. Сложность устройства антикоррозийной защиты является большим недостатком конструкции этих сварных узлов.

1.2 Конструктивные элементы опор и эстакад

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

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

Отдельно стоящая опора под трубопроводы состоит из одной или нескольких колонн, связей, траверсы и фундамента (рисунок 2, а). Эстакада состоит из опор (опора включает в себя: колонны, связи, ригели, фундаменты), пролетных строений (ферм, балок), траверс, связей по фермам (рисунок 2,б).

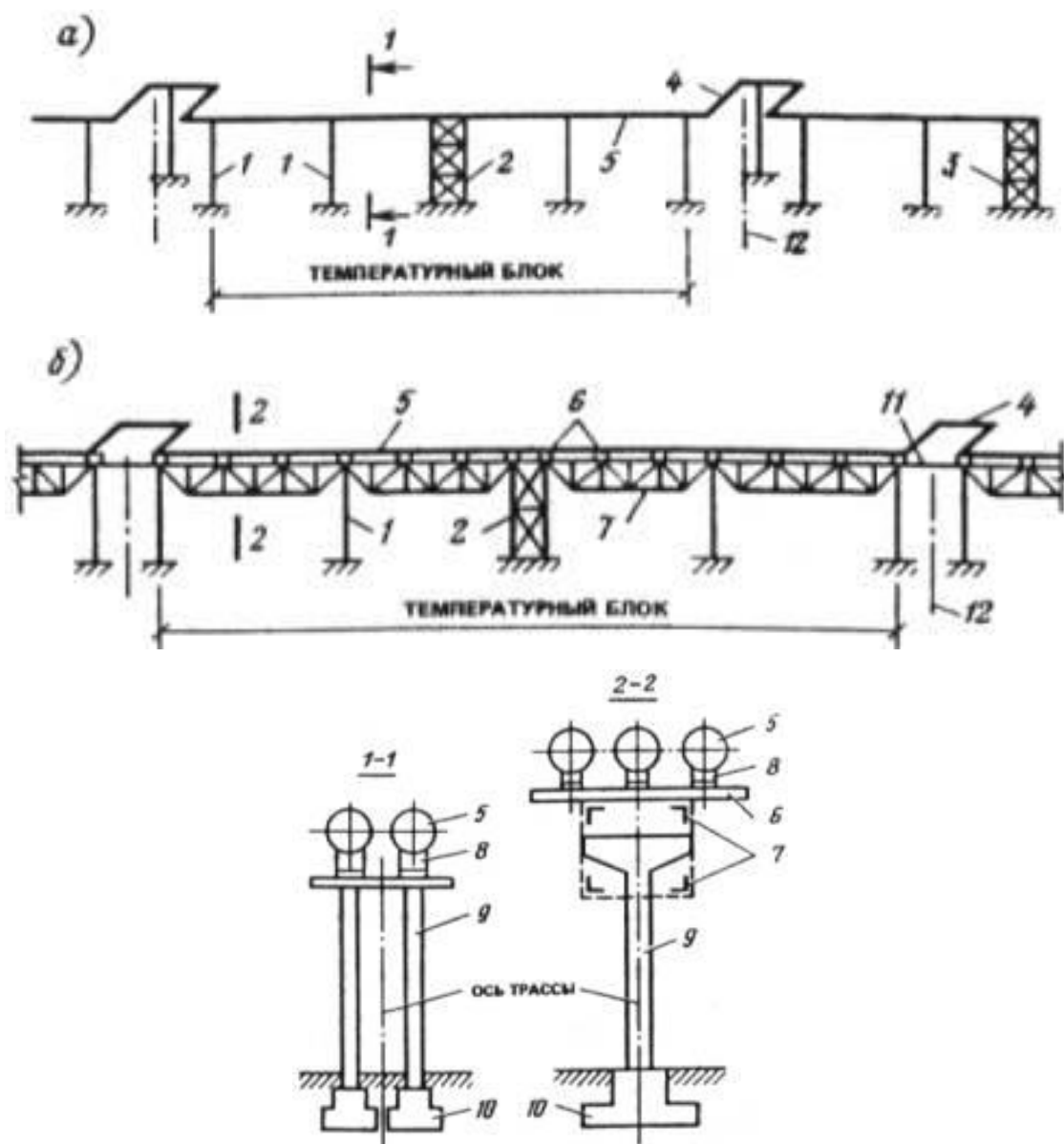


Рисунок 2 – Схема прокладки трубопроводов по опорам и эстакадам
 а - прокладка по опорам; б - прокладка по эстакадам; 1 - промежуточная опора; 2 - анкерная промежуточная опора; 3 - анкерная концевая опора; 4 - компенсатор; 5 - трубопровод; 6 - траверса; 7 - пролетное строение; 8 - опорная часть трубопровода;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

В продольном направлении отдельно стоящие опоры и эстакады следует разбивать на температурные блоки, длина которых принимается в зависимости от предельных расстояний между неподвижными опорными

частями трубопроводов и расчета конструкций на климатические воздействия.

Температурный блок (см. рисунок 2) состоит из пролетных строений, одной анкерной опоры и промежуточных опор.

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

Прокладку трубопроводных сетей следует предусматривать вдоль проездов и дорог, как правило, со стороны, противоположной размещению тротуаров и пешеходных дорожек, выбирая по возможности кратчайшее расстояние между зданиями и сооружениями. Внутри производственных кварталов трассы трубопроводов следует проектировать параллельно линиям застройки. Пересечение трубопроводов с железными и автомобильными дорогами должно предусматриваться, как правило, под углом 90° , но не менее 45° . Высоту (расстояние от планировочной отметки земли до верха траверсы) отдельно стоящих опор и эстакад следует принимать: для низких отдельно стоящих опор - от 0,3 до 1,2 м, кратной 0,3 м в зависимости от планировки земли и уклонов трубопроводов; для высоких отдельно стоящих опор и эстакад - кратной 0,6 м, обеспечивающий проезд под трубопроводами и эстакадами железнодорожного и автомобильного транспорта в соответствии с габаритами приложения строений по ГОСТ 9238-83 и СНиП 2.05.02-85.

Прокладку трубопроводов на эстакадах рекомендуется применять при большом количестве трубопроводов малых диаметров, ответвлений и пересечений, при большой плотности застройки территории предприятия.

Прокладку трубопроводов на низких опорах следует предусматривать по территории, не подлежащим застройке, при отсутствии, как правило, пересечения с дорогами, а также вне пахотных земель.

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

При прокладке трубопроводов по эстакадам гибкие компенсаторы рекомендуется устанавливать между отдельными температурными блоками или в наиболее возможной близости от этого места (не далее 5 м по длине эстакады от температурного разрыва).

Для уменьшения нагрузок на пролетные строения эстакад рекомендуется использовать самонесущую способность трубопроводов большого диаметра с опиранием их только на траверсы над опорами эстакад или вблизи них. Шаг между опорами эстакад рекомендуется принимать 12, 18, 24 и 30 м. При прокладке трубопроводов на низких опорах расстояние от поверхности земли до низа труб или теплоизоляции должно быть не менее 0,35 м при ширине группы труб менее 1,5 м и 0,5 м - при 1,5 м и более. Для перехода через трубопроводы следует предусматривать пешеходные мостики шириной не менее 0,9 м.

При прокладке по эстакадам трубопроводов, требующих регулярного обслуживания (не менее одного раза в смену), а также в многоярусных эстакадах должны предусматриваться, как правило, проходные мостики шириной не менее 0,6 м с перилами высотой не менее 1 м и через каждые 200 м лестницы - вертикальные с шатровым ограждением или маршевые.

Проходные мостики при прокладке по эстакадам и отдельно стоящим опорам рекомендуется предусматривать также в местах пересечения железных дорог, оврагов и на других труднодоступных для обслуживания трубопроводов местах.

Колонны стальных опор следует применять жестко соединенными с фундаментами. Допускается применение шарнирного опирания на фундаменты при условии обеспечения устойчивости опор в продольном направлении пролетными строениями или трубами и анкерными опорами.

Для отдельно стоящих опор и эстакад, выполняемых полностью из стальных конструкций (рисунок 3), температурный блок должен компоноваться из промежуточных и одной анкерной опоры, на которую передаются все горизонтальные нагрузки, действующие вдоль данного блока.

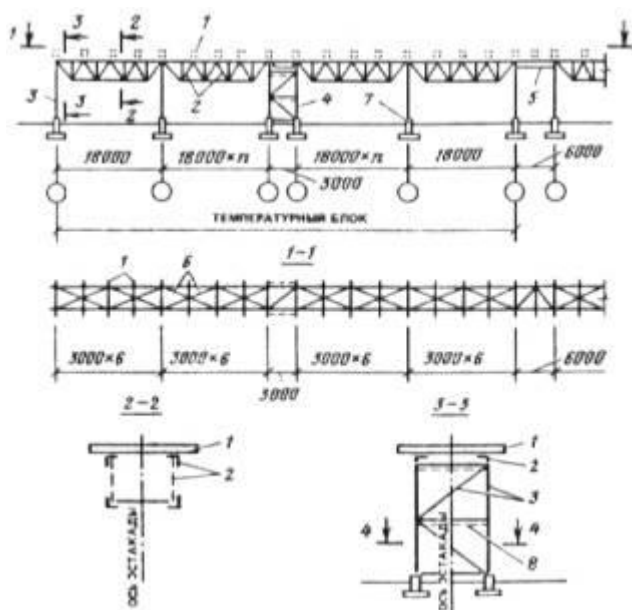


Рисунок 3 – Конструктивная схема одноярусной эстакады

1 - траверса; 2 - ферма пролетного строения; 3 - промежуточная опора; 4 - анкерная опора; 5 - вставки температурного блока; 6 - связи между фермами; 7 - фундамент; 8 - диафрагма-распорка опоры.

Траверсы для опирания трубопроводов подразделяются на рядовые и усиленные. На рядовых траверсах должно быть предусмотрено подвижное опирание трубопроводов, а на усиленных - неподвижное закрепление. Стальные траверсы рекомендуется выполнять коробчатого сварного сечения из двух швеллеров или гнутых замкнутых профилей (рисунок 4).

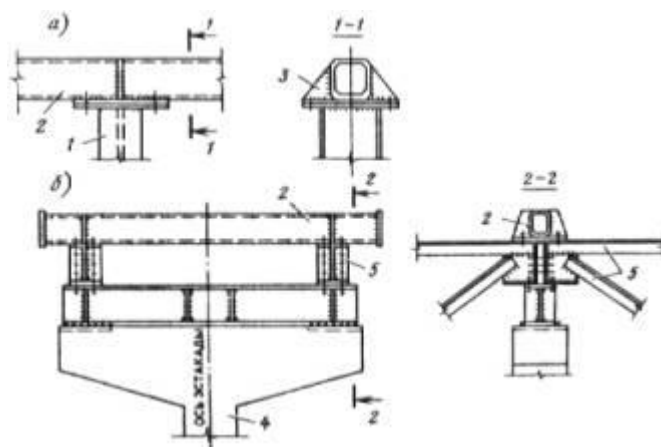


Рисунок 4 – Узлы опирания стальных конструкций

а - траверсы на колонну; б - фермы на железобетонную опору; 1 - колонна; 2 - траверса; 3 - опорное ребро; 4 - железобетонная колонна; 5 - ферма пролетного строения

Пролетные строения из стальных ферм следует выполнять в виде пространственных конструкций, состоящих из двух вертикальных ферм, соединенных между собой по верхнему и нижнему поясу связями и траверсами.

Стержни стальных ферм пролетных строений рекомендуется проектировать из одиночных уголковых профилей. Стальные промежуточные плоские опоры следует применять решетчатыми с ветвями из двутавров и решеткой из уголков или гнуто-сварных профилей замкнутого сечения. Для придания конструкции опор большей жесткости от скручивания необходимо предусматривать диаграммы-распорки из швеллеров или уголков с планками, соединяющих ветви между собой.

Анкерные опоры следует составлять из двух плоских опор, соединенных между собой вдоль трассы вертикальными связями. Пространственная жесткость анкерных опор обеспечивается горизонтальными связями в уровне низа траверс и по высоте опор. Сечение решетки связей стальных опор рекомендуется принимать из одиночных уголковых или замкнутых профилей, принимая углы раскосов связей равными 40-50°.

Выбор схемы горизонтальных связей между вертикальными фермами следует производить в зависимости от расстояния между ними. При расстояниях между вертикальными фермами 3 м и менее следует принимать треугольную решетку, а при расстоянии более 3 м - крестовую решетку. Связи следует принимать из одиночных уголковых или замкнутых прямоугольных профилей.

Сопряжение пролетных строений эстакад с опорами рекомендуется выполнять путем передачи давления на опору центрально. Конструкция узла сопряжения должна обеспечивать передачу продольных горизонтальных сил с пояса одной фермы на пояс смежной фермы.

Сопряжение стальных колонн с фундаментами следует осуществлять с помощью стальных баз, установленных на фундамент с креплением их анкерными болтами (рисунок 5). Низ плиты стальных баз должен быть расположен не менее чем на 200 мм выше планировочной отметки земли.

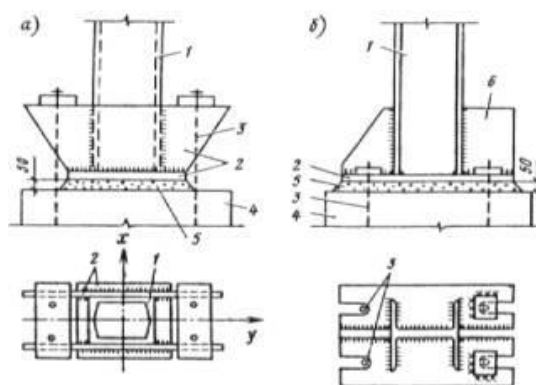


Рисунок 5 – Базы стальных колонн

а - для колонн с жестким закреплением по оси y и шарнирным опиранием на фундамент по оси x ; б - для шарнирно закрепленных колонн; 1 - колонны; 2 - база; 3 - анкерные болты; 4 - фундамент; 5 - монтажный зазор, замоноличивается бетоном; 6 - ребро для крепления раскоса связей

Конструктивные решения сварных опор могут осуществляться в виде отдельных забивных свай-колонн, колонн, замоноличенных в буронабивную сваю или сваю-оболочку и рамно-свайных систем, состоящих из двух или

четырех колонн, объединенных в плоскую или пространственную систему с помощью связей, ригелей, свайного ростверка (рисунок 6).

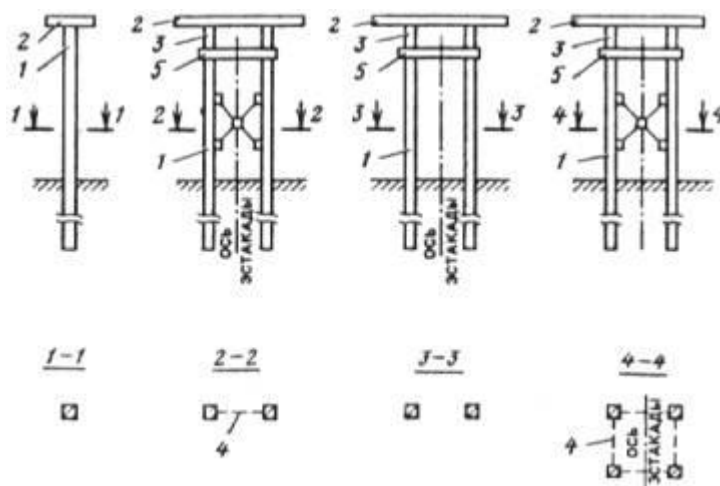


Рисунок 6 – Типы опор с применением свай-колонн

1 - колонна; 2 - траверса; 3 - пролетное строение; 4 - стальные связи; 5 - ригель опоры

Выбор типа свайных опор производится в зависимости от грунтовых условий, величин нагрузок, действующих на опору, габаритов опоры, технико-экономических показателей.

1.3 Характеристика основного материала

1.3.1 Состав и свойства стали

При производстве сварных конструкций широко используют низкоуглеродистые низколегированные конструкционные стали. Суммарное содержание легирующих элементов в этих сталях обычно не превышает 4,0 %, а углерода 0,25 %. Сталь 09Г2С относится к кремнемарганцовистым.

Наличие марганца в сталях повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Позволяет получить сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках. Термообработка значительно улучшает механические свойства стали, которые, однако, зависят от

толщины проката. При этом может быть достигнуто значительное снижение порога хладноломкости

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73

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 по ГОСТ 19282-73

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

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

1.3.2 Оценка свариваемости

Свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией или эксплуатацией изделия.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода по [2], для определения температуры подогрева:

$$\Sigma C_9 = C_9 + C_p, \quad (1)$$

где C_9 - химический эквивалент углерода,

C_p - размерный эквивалент углерода.

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле:

$$C_9 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (2)$$

где C, Mn, Cr, Ni, Cu, P – содержание легирующих элементов в процентах, тогда для стали 09Г2С:

$$C_s = 0,1 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,471 \% .$$

Размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s = 0,005 \cdot 10 \cdot 0,471 = 0,024 \% , \quad (3)$$

где δ – толщина свариваемой стали в мм.

Полный эквивалент углерода получаем по формуле (1):

$$\Sigma C_s = 0,471 + 0,024 = 0,495 \% .$$

Полный эквивалент углерода, для стали 09Г2С $C_s > 0,45$, следовательно, требуется предварительный подогрев.

Необходимая для подогрева температура определяется следующим образом:

$$T_n = 350 \cdot \sqrt{\Sigma C_s - 0,25} = 350 \cdot \sqrt{0,495 - 0,25} \approx 170 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Для сварки данного сварного стыка назначаем предварительный подогрев $160 - 180 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Согласно литературным данным [2], сталь 09Г2С относится к малоуглеродистым сталям и сваривается без ограничений.

2 Описание способов сварки

2.1 Характеристика ручной дуговой сварки

Перемещение электрода в процессе сварки и подачу электродного и присадочного металла осуществляют вручную. При этом возникают трудности, связанные с поддержанием постоянства длины дуги. Колебание дугового промежутка отражаются на основных параметрах режима-величине тока и напряжении. На глубину проплавления металла и скорость расплавления электрода особенно большое влияние оказывает изменение тока. Качество швов, выполненных ручными способами, зависит от квалификации сварщика, удобства ведения процесса и т.п. Способы ручной дуговой сварки доступны и универсальны. Ручную дуговую сварку применяют при монтажных работах, для сварки швов и в мелкосерийном производстве.

Достоинство:

- простота и доступность;
- возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в монтажных условиях;
- большой спектр свариваемых материалов;
- значительный спектр толщин (от двух мм и выше).

Недостатки:

- низкая производительность;
- большой расход материалов на разбрызгивание и огарки;
- самый тяжелый способ по технике исполнения;
- многофакторность качества;
- тяжелые условия труда сварщика;
- резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.

2.2 Характеристика сварки в защитном газе плавящимся электродом

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять ручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

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

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

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

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

К недостаткам способа относится:

- Более сложное сварочное оборудование;
- Невозможность использования данного метода в условиях монтажа из-за сквозняка, ветра, дождя;
- При определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла.

2.3 Выбор сварочных материалов

2.3.1 Выбор материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Для обеспечения эксплуатационной надежности сварных соединений необходимо, чтобы швы обладали не только заданным уровнем прочности, но и высокой пластичностью. Поэтому при выборе сварочных материалов необходимо стремиться к получению швов такого химического состава, при котором их механические свойства имели бы требуемые значения. Легирование металла шва элементами, входящими в основной металл, всегда повышает его прочностные характеристики, одновременно снижая пластичность.

Это всегда следует учитывать при выборе сварочных материалов для легированных конструкционных сталей. Так, например, при сварке низколегированной стали с временным сопротивлением 50 кгс/мм^2 применение электродов типа Э50А может привести к значительному повышению временного сопротивления металла шва и существенному снижению пластичности и ударной вязкости. Это происходит ввиду легирования металла элементами, содержащимися в основном металле при проплавлении последнего. Характер изменения этих свойств зависит от доли участия основного металла в формировании металла шва. Поэтому, как правило, следует выбирать такие сварочные материалы, которые содержат легирующих элементов меньше, чем основной металл.

Легирование металла шва за счет основного металла позволит повысить свойства шва до необходимого уровня. Однако следует помнить, что доля участия основного металла в металле шва, а значит, и степень легирования зависят от способа сварки, применяемого режима сварки и других технологических приемов. Поэтому при разработке технологического процесса сварки необходима расчетная проверка ожидаемых механических свойств металла шва для принятых режимов сварки и сварочных материалов.

Для обеспечения технологической прочности сварных швов, выполненных низколегированными сварочными материалами, содержание углерода в них не должно превышать 0,15%, так как дальнейшее увеличение содержания углерода резко повышает склонность металла швов к образованию горячих трещин, а также существенно снижает пластичность и особенно ударную вязкость металла шва в эксплуатационных условиях. Необходимых прочностных характеристик металла шва достигают легированием его элементами, которые, повышая прочность, не снижают существенно его деформационную способность и ударную вязкость.

Высокую технологическую прочность и работоспособность можно получить, если содержание легирующих элементов в низколегированном металле шва не превысит (в %) значений представленных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав электродов [10]

C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Mo	Nb
0,15	0,5	1,5	1,5	2,5	0,5	1,0	0,5

Комбинируя различные легирующие элементы в указанных пределах, можно получить швы с временным сопротивлением до 60—70 кгс/мм² в исходном после сварки состоянии и 85—145 кгс/мм² после соответствующей термообработки. При сварке низколегированных сталей повышенной прочности не предъявляют требований к идентичности состава металла шва и основного металла; основным критерием выбора служит получение гарантированных механических свойств металла шва, что и предусмотрено действующим ГОСТ 9467-75.

Применение сварочных материалов без сертификата завода-изготовителя запрещается.

В настоящее время существуют большое количество металлических покрытых электродов отечественных и импортных. Предназначенных для ручной дуговой сварки углеродистых, низколегированных и легированных

конструкционных и легированных теплоустойчивых сталей.

Чтобы получить однородное по структуре, составу и свойствам сварное соединение, следует сваривать материал, используя электроды из подобных или одинаковых материалов. Здесь важно отметить, что при расплавлении и затвердевании происходит перемешивание этих материалов. При охлаждении усадка с образованием временных и остаточных напряжений должна быть одинаковой. При термической обработке сварных соединений коэффициенты линейных и объемных изменений также должны быть близки. Иначе можно ожидать трещинообразования не только в процессе сварки и сразу после затвердевания, но и после вылеживания, спустя сутки и более.

По СНиП 3.05.02-88 зарекомендованным электродом для сварки стали является Э50А с маркой УОНИ 13/55 с диаметром 2,5, 3,0, 3,25 и 4 с основным покрытием.

Условное обозначение электрода:

$$\frac{\text{Э50А - УОНИ - 13/55 - } \emptyset \text{ - УД}}{\text{Е517 - В20}} \text{ ГОСТ 9466 - 75, ГОСТ 9467 - 75}$$

Расшифровка обозначения:

Э50А:

- индекс Э – для ручной дуговой сварки и наплавки;
- цифра 50 обозначает величину предела прочности при растяжении 50 кгс/мм²;
- индекс А указывает, что металл шва имеет повышенные свойства по пластичности и ударной вязкости.

УОНИ 13/55 – марка электрода.

У – для сварки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс/мм²).

Д – с толстым покрытием, в зависимости от отношения диаметра покрытия электрода D к диаметру электродного стержня d: $1,45 < D/d \leq 1,8$.

E517 – группа индексов, указывающих характеристики металла шва или наплавляемого металла. При температуре –60 ударная вязкость не менее 34 Дж/см². Механические характеристики приведены в табл. 1.4.

Б – покрытие основное (фтористо-кальциевое). Малая окислительная способность покрытия обеспечивает хорошее раскисление и легирование наплавленного металла. В металле шва понижено содержание водорода, кислорода, примесей серы и фосфора. Шов стоек к образованию горячих трещин и сероводородному раскислению. Электроды требуют прокаливания непосредственно перед сваркой, чтобы не возникало пор. Нестабильность горения дуги позволяет вести сварку только постоянным током обратной полярности. Удлинение дуги и большие зазоры приводят к старению и охрупчиванию металла шва из-за насыщения его азотом.

Цифра 2 обозначает пространственное положение: для всех положений, кроме вертикального «сверху вниз».

Цифра 0 обозначает, что сварка ведется в постоянном токе обратной полярности.

Основное назначение:

Электрод марки УОНИ-13/55 с основным покрытием предназначены для сварки постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях, кроме сверху вниз, ответственных конструкций. В таблицах 2.3 и 2.4 даны соответственно химический состав и механические свойства металла шва.

Таблица 2.3 – Химический состав наплавленного металла, %

С	Si	Mn	Mo	Ni	S	P
0,09	0,4	0,85	–	–	0,024	0,026

Таблица 2.4 – Механические свойства металла шва

σ_B	σ_T	δ	ψ	KCU	KCV	
МПа		%		Дж/см ² при температуре °C		
510	410	26	65	20	20	−20
				200	140	70

Сварочные электроды, флюсы, порошковую проволоку непосредственно перед их выдачей в производство необходимо сушить (прокаливать) согласно режимам:

- температура прокалики – 300°C;
- время выдержки – 1 час.

2.3.2 Выбор материалов для сварки в защитном газе плавящимся электродом

При сварке низкоуглеродистых сталей для защиты металла шва широко используется углекислый газ. Аргон и гелий для этих целей применяют ограниченно. Сварка в углекислом газе выполняется плавящимся электродом. Основной особенностью полуавтоматической сварки в углекислом газе является использование электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей, компенсирующих их выгорание в зоне сварки (таких Mn и Cr). Согласно рекомендации [3], чаще всего для сварки низкоуглеродистых сталей используют проволоки Св-08Г2, Св-08ГС и Св-08Г2С. Для нашей конструкции будем использовать проволоку Св-08Г2С т.к. в ней оптимальное соотношение кремния и марганца.

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св - 08Г2С, % по ГОСТ 2246-70

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,05 - 0,11	1,8 - 2,1	0,7 - 0,95	0,20	0,25	0,025	0,03

Таблица 4 – Механические свойства металла шва, выполненного проволокой Св - 08Г2С

Марка	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Св-08Г2С	300	500	22	50

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050-85. Для сварки используют сварочную углекислоту высшего и первого сортов, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,037 и 0,184 при 20°C и давлении 0,1 МПа). Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой ёмкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением сварочных постов через рампы. В баллоне вместимостью 40 л содержится 25 кг $\text{CO}_2 / \text{см}^3$, дающего при испарении 12,5 газа при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.). Баллон окрашен в черный цвет, надписи жёлтого цвета. м^3

На свойство металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании в нем азота и водорода могут образовываться поры даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

Для сварки нашей конструкции будем применять углекислый газ высшего сорта. Это связано с меньшим содержанием водных паров в углекислом газе.

Таблица 5 – Состав углекислого газа (сорт высший)

Газ	Ar, %	He, %	O ₂ , %	N ₂ , %	H ₂ , %	CO ₂ , %	углеводороды, %	водяных паров, %
CO ₂	-	-	-	-	-	99,8	-	0,037

2.4 Выбор сварочного оборудования

2.4.1 Для ручной дуговой сварки

Для осуществления устойчивого дугового разряда между электродом и свариваемым изделием к ним необходимо подвести напряжение от специального источника питания электрическим током. Такой источник должен обеспечивать легкое и надежное возбуждение дуги, устойчивое горение ее в установившемся режиме сварки, регулирование мощности (силы тока). Одной из характеристик источников тока является внешняя вольтамперная характеристика, представляющая зависимость напряжения на

выходных зажимах источника от силы тока нагрузки, выражаемая графически. Внешние вольтамперные характеристики источников питания сварочной дуги могут быть падающими (напряжение уменьшается с увеличением сварочного тока), жесткими — уменьшения напряжения с увеличением силы тока не происходит, возрастающими — при увеличении силы тока напряжение возрастает. Наиболее часто используют источники с характеристиками первого типа. Между статической вольтамперной характеристикой дуги и внешней характеристикой источника питания должно быть определенное соответствие.

Выбор источника питания по типу внешней характеристики производят в зависимости от способа сварки и конкретных условий ведения процесса. При ручной сварке применяют источники с крутопадающей внешней характеристикой. При этом частые изменения длины дуги сопровождаются незначительными изменениями сварочного тока и теплового режима сварки, что не отражается на размерах сварочной ванны и геометрических параметрах шва.

С технологических позиций источник питания дуги должен легко настраиваться на нужный режим сварки. Для этой цели в них необходимы регулирующие устройства, позволяющие получать семейства однотипных внешних характеристик, различающихся значениями своих параметров.

Важны и динамические свойства источников питания дуги. Сила тока и напряжение в дуге в процессе сварки непрерывно меняются. Это связано с переходом капель электродного металла и наличием коротких замыканий. В эти моменты напряжение дуги падает до нуля, а сварочный ток возрастает. При возобновлении дугового разряда напряжение дуги вновь начинает возрастать от нуля до напряжения зажигания. При этом источник питания дуги должен изменять напряжение от нуля до напряжения холостого хода. Источник должен быстро реагировать на все изменения, проходящие в дуге. При этом сила тока и напряжение источника принимают свои установившиеся значения не мгновенно, а в течение некоторого времени в

зависимости от его магнитной инерционности. Способность источника быстро реагировать на изменения, происходящие в дуге, определяет его динамические свойства. Чем быстрее источник питания дуги восстанавливает напряжение, тем лучше его динамические свойства. При этом обеспечиваются спокойный перенос металла с электрода в сварочную ванну, уменьшение разбрызгивания и улучшение качества сварки. Динамической характеристикой источника питания является время, необходимое для восстановления напряжения от нулевого значения в момент короткого замыкания, которое не должно быть более 0,05 м до рабочего напряжения. При этом и скорость нарастания силы тока короткого замыкания также должна быть оптимальной. При больших скоростях нарастания силы тока наблюдается взрывной характер плавления электрода с сильным разбрызгиванием металла, при малых скоростях — затрудненное образование ионизованного промежутка и затрудненное возбуждение дуги. Источники питания дуги по современным стандартам характеризуются рядом параметров, получаемых при работе на установившихся режимах. К установившимся режимам относят работу источников при холостом ходе, рабочей нагрузке и коротком замыкании.

При строительстве объектов в стесненных условиях населенных пунктов обычно применяются ручная электродуговая и газовая сварка, а также газовая резка стальных труб. Реже применяется автоматическая сварка под слоем флюса и газозлектрическая. В современных условиях среди многочисленных способов сварки материалов первое место по всем основным показателям – количеству выпускаемой продукции, числу занятых рабочих и действующих установок – занимает дуговая электросварка. Это объясняется такими преимуществами дуговой сварки, как высокая концентрация тепловой энергии, универсальность процесса, простота, надежность и относительно низкая стоимость оборудования, возможность механизации процесса сварки. Отсюда выбор ручной дуговой сварки.

Агрегат сварочный АДД – 2х2501ВУ1 (АДД – 2х2501У1) предназначен для использования в качестве автономного источника питания двух постов при ручной дуговой сварке, резке и наплавке металла постоянным током.

Агрегат АДД – 2х2501ВУ1 в своём составе имеет вспомогательный генератор переменного тока для питания электроинструмента, освещения и других потребителей.

По заказу потребителя агрегат комплектуется:

- одноосным шасси;
- термопеналом (одним или двумя) для сушки электродов.

Агрегат предназначен для работы на открытом воздухе в полевых условиях. Агрегат не предназначен для эксплуатации в закрытых невентилируемых помещениях.

Номинальные параметры агрегата относятся к его работе на высоте не более 1000 м над уровнем моря при температуре окружающего воздуха от 40°С до минус 45°С и относительной влажности воздуха не более 75% при 15°С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1 Сварочный генератор

1.1 Тип ГД-2х2501

1.2 Номинальный сварочный ток

каждого поста, А 250

1.3 Номинальное напряжение, В 30

1.4 Пределы регулирования сварочного тока

каждого поста, А 30 – 250

1.5 Номинальный сварочный ток при работе

в параллель на одну дугу, А 400

1.6 Номинальное напряжение при работе

постов в параллель на одну дугу, В 36

1.7 Пределы регулирования при работе

в параллель на одну дугу, А 50 – 400

1.8 Напряжение холостого хода, В	80 – 90
1.9 Продолжительность нагрузки (ПН) при номинальном сварочном токе, %	60
2 Приводной двигатель	
2.1 Тип дизеля	Д144 или Д130
2.2 Мощность, кВт (л.с.)	37(50)
2.3 Число цилиндров	4
2.4 Частота вращения, об./мин.	1800 или 2000
2.5 Охлаждение	Воздушное
2.6 Емкость топливного бака, л	120
2.7 Часовой расход топлива в номинальном режиме, кг... ..	5,5
3 Термопепал для сушки электродов	
3.1 Напряжение питания, В	56
3.2 Потребляемая мощность, кВт, не более	0,2
3.3 Масса загружаемых электродов	8 кг
3.4 Номинальная температура в рабочей камере термопепала, С°	130
4 Вспомогательный генератор	
4.1 Номинальная мощность, кВА	4
4.2 Частота, Гц	50
4.3 Номинальное напряжение, В	230
4.5 Частота вращения, об/мин.	3000
5 Данные агрегата без шасси:	
5.1 Степень защиты	IP22
5.2 Габариты, мм	2420 x 1000 x 1300
5.3 Масса заправленного агрегата, кг, не более:	1200

Аппарат сварочный постоянного тока ФОРСАЖ-250 ВИАМ.683151.007-01 промышленного применения (в дальнейшем аппарат) предназначен для ручной электродуговой сварки стальных материалов, деталей и агрегатов, имеющих в местах сварного шва толщину 16,0 мм.

Сварка производится штучными плавкими электродами любой марки диаметром 5,0 мм при дуге, образованной постоянным током, регулируемым в пределах от 15 до 250 А специальным регулятором, расположенным на передней панели аппарата или выносным пультом дистанционного управления (ПДУ).

При наличии специальных аксессуаров и материалов для аргонодуговой сварки аппарат может использоваться для сварки узлов, деталей и материалов из титана, нержавеющей стали и медных сплавов.

Примечание - Возможность использования аппарата для аргонодуговой сварки проверена заводскими испытаниями.

Аппарат может эксплуатироваться в следующих условиях:

- рабочая температура окружающего воздуха - от минус 40 до + 40 °С;
- влажность - до 98% при температуре + 25 °С;
- вибрации с амплитудой 0,5 мм и ускорением 15 м/с² (1,5 g) в диапазоне частот от 1 до 35 Гц;
- транспортирование (в упаковке) при ударных ускорениях до 100 м/с² (10 g) с длительностью ударных импульсов 5 мс.

По степени защиты от поражения электрическим током аппарат относится к классу 01 по ГОСТ 12.2.007.0-75, что обеспечено применением специальных изоляционных материалов и клеммы заземления корпуса.

При покупке аппарата необходимо:

- убедиться в отсутствии на упаковке и корпусе аппарата механических повреждений;
- проверить комплектность документации и аксессуаров ;
- убедиться в правильном заполнении свидетельства о продаже, в котором должен быть проставлен заводской номер аппарата, наименование

и штамп магазина, разборчивая подпись продавца, дата продажи и адрес владельца аппарата.

После транспортирования или хранения аппарата при температуре ниже минус 40°C включение в сеть можно производить только после выдержки его в течение от двух до трех часов при температуре не ниже минус 40°C.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ФУНКЦИИ

- линейное напряжение, В 380

- частота, Гц 50±1

Электрическая мощность, кВт·А 10

Напряжение холостого хода, В 80

Ток короткого замыкания, А 30

Максимальный сварочный ток, А 270

Минимальный сварочный ток, А 15±5.

Процент нагрузки (ПН), % 80

Габаритные размеры аппарата, не более, мм 430x205x350

Масса аппарата, не более, кг 13,6

Масса брутто, не более, кг 18

Срок службы, не менее, лет 6

2.4.2 Для механизированной сварки в среде углекислого газа

При выборе источников питания дуги необходимо, чтобы он отвечал следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для процесса сварки силу тока дуги и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;

– иметь динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги.

Рассмотрим сварочные полуавтоматы BRIMA Lincoln Electric Powertec 365S.

Профессиональный инверторный сварочный аппарат BRIMA MIG 350 , изготовленный по улучшенной технологии IGBT. Отличается высокими сварочными характеристиками при небольших габаритах и массе.

КОМПЛЕКТАЦИЯ

Источник питания; механизм подачи проволоки; кабель управления (5м), кабель силовой прямой (5м); кабель силовой обратный с клеммой заземления (3м); газовый рукав; сварочная горелка.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

- Энергосберегающий эффект снижает потери металла
- Низкий уровень шума
- Цепь обратного контроля обеспечивает постоянное сварочное напряжение в широком диапазоне напряжения сети.
- Возможность регулировки сварочного напряжения в точном соответствии с силой сварочного тока, прекрасные сварочные характеристики.
- Высокая эффективность, стабильная дуга, небольшое количество брызг, отличное качество сварочного шва.
- Функция автоматической поддержки/остановки дуги.
- Функция продувки газом после окончания сварки, высокое напряжение холостого хода, возможность медленной подачи проволоки для легкого зажигания дуги.

– Четырехроликовый механизм подачи проволоки

Lincoln Electric Powertec 365S с питанием от 3х фазной сети - источник питания постоянного тока с выходным током 350А при 40% ПВ. Lincoln Electric Powertec 365S является идеальным аппаратом для полуавтоматической сварки методом MIG/MAG низкоуглеродистых,

легированных сталей и алюминия, а также для сварки порошковой проволокой в среде защитного газа. Аппарат оснащен встроенной тележкой на колесах и ручками для перемещения. Выпускается с воздушным охлаждением.

Особенности сварочного аппарата Lincoln Electric Powertec 365S

- Стабильные свойства дуги при сварке в газовых смесях и 100% CO₂.
- Многоступенчатая регулировка напряжения сварки позволяет устанавливать параметры с максимальной точностью.
- Дополнительный дроссель обеспечивает отличные свойства сварочной дуги.
- Функция включения вентилятора при необходимости (F. A. N.) снижает потребляемую мощность и попадание пыли и дыма внутрь устройства.
- Четкий цифровой дисплей.
- Полный набор необходимых функций.
- Большие колеса, ручка для передвижения и петля для поднятия обеспечивают полную мобильность устройства.
- Режим триггера горелки 2х или 4х тактный
- Полный набор функций: продувка газа и протяжка проволоки, регулировка отжига проволоки, точечная сварка.

КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

Источник Lincoln Electric Powertec 365S, кабель питания (5м), набор кабелей с клемой.



а) б)

Рисунок 7 – Сварочные полуавтоматы: BRIMA MIG 350; Lincoln Electric Powertec 365 S

Таблица 6 – Сравнительные характеристики сварочных полуавтоматов BRIMA Lincoln Electric Powertec 365S.

ХАРАКТЕРИСТИКА	BRIMA MIG 350	Lincoln Electric Powertec 365S
Напряжение питающей сети, В	380	230/400
Частота питающей сети, Гц	50/60	50/60
Потребляемая мощность, кВА	14,0	-
Диапазон регулирования сварочного тока, А	50–350	30-350А
Диапазон регулирования рабочего напряжения, В	15-36	34-44
Напряжение холостого хода, В	60	-
Диапазон регулирования скорости подачи проволоки, м/мин	1,5-16	1-20
Диаметр сварочной проволоки, мм	0,8-1,6	0,8-1,6
ПВ, %	60	40
Степень защиты	IP23	IP23
Габаритные размеры, мм	570x285x470	875x700x1035
Вес, кг	37+16	141
Цена, руб	65000	84000

Выбираем для сварки в среде защитных газов сварочный полуавтомат Lincoln Electric Powertec 365S, т.к у данного полуавтомата больше диапазон регулирования скорости подачи проволоки и больше диапазон регулирования сварочного тока, так же марка Lincoln Electric является одним

из мировых лидеров в производстве сварочного оборудования, отличающаяся качеством и надежностью своей техники.

3 Расчет и выбор режимов сварки

3.1 Расчет и выбор режимов сварки и размеров шва для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

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

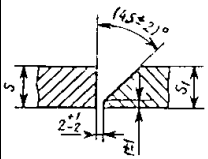
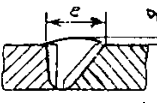
При дуговой сварке покрытыми электродами основными параметрами режима сварки являются: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Расчет режимов сварки следует начать с определения геометрического строения шва. Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 5264-80 (таблица 9). Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рассчитаем основные типы соединений используемых в данном изделии, а именно стыковое и тавровое соединения. Толщины свариваемых соединений равны 5 мм.

Расчет стыкового соединения типа С8

Таблица 7 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 5264-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		e		g		b	
	Подготовка кромок	Шва сварного соединения	Номин мм. не более	Предел. откл. мм	Номин мм.	Предел. откл. мм	Номин	Пред. откл.
С8			8	$\pm 0,5$	1	$\pm 0,5$	2	$+1$ $-0,5$

Определяем площадь наплавленного металла по следующей формуле:

$$F_H = 0,5 \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha + b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e = 0,5 \cdot 4^2 \cdot \operatorname{tg} 45 + 2 \cdot 5 + 0,75 \cdot 1 \cdot 8 = 24 \text{ мм}^2, \quad (39)$$

Для определения числа проходов найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла.

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

$$F_{\text{ш}} = 0,73 \cdot e \cdot (S + g) = 0,73 \cdot 8 \cdot (5 + 2) = 41 \text{ мм}^2. \quad (40)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{пп}} = F_{\text{ш}} - F_H = 41 - 24 = 17 \text{ мм}^2 \quad (41)$$

Сварку выполняем за один проход, согласно рекомендациям [4], электродами УОНИ 13/55 диаметром 3 мм.

Расчет силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока [4]:

$$I_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{э}}^2}{4} \cdot j, \quad (42)$$

где $d_{\text{э}}$ - диаметр электродного стержня, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм².

Тогда подставив значения, определяем силу тока:

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

принимаем $I_{\text{св}} = 90 \text{ А}$

Для приближенного расчета напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_{\text{д}} = 20 + 0,04 \cdot I_{\text{св}} = 20 + 0,04 \cdot 90 = 23,6 \text{ В}. \quad (43)$$

принимаем $U_{\text{д}} = 24 \text{ В}$

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

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, (44)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А·ч; для электродов УОНИ 13/55 $\alpha_n=9,5$ 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 $\gamma=7,8$ г/см³).

Подставляем значения в формулу (11) и получаем:

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 90}{3600 \cdot 7,8 \cdot 24 \cdot 10^{-2}} = 0,13 \text{ см / с} = 4,5 \text{ м / ч}.$$

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

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} \cdot U_d \cdot \eta_u}{V_{св}}, (45)$$

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

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U_d – напряжений на дуге, В;

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

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

Подставляем значения в формулу (18) и получаем:

$$q_n = \frac{90 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,13} = 13292 \text{ Дж / см};$$

Расстояние r до изотермы плавления определяется выражением:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{\pi \cdot V \cdot c \rho \cdot T_{пл}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1728}{3,14 \cdot 0,13 \cdot 4,9 \cdot 1500}} = 1,1 \text{ см}. (46)$$

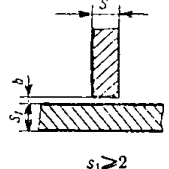
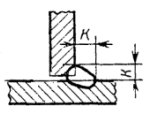
При ручной дуговой сварке глубина провара равна:

$$H_{пр} = (0,5-0,7) \cdot r; = (0,5-0,7) \cdot 1,1 = 0,55- 0,77 \text{ см}, (47)$$

принимаем глубину провара равной 0,6 см.

Расчет таврового соединения типа Т1

Таблица 8 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 5264-80

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S	b	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения		Номин.	Пред. откл.
T1			Св 3 до 15	0	+2

Для определения числа проходов при сварке угловых, тавровых и нахлесточных соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного вычисляется по формуле:

$$F = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, (48)$$

где F – площадь поперечного сечения наплавленного металла,

K – катет шва, мм;

K_y – коэффициент, учитывающий усилие шва выбирают в зависимости от катета шва [4]: $K_y = 1,25$.

Тогда подставив значения в формулу (28), получим:

$$F = \frac{1,25 \cdot 25}{2} = 16 \text{ мм}^2$$

Сила сварочного тока при ручной дуговой сварке определяется в зависимости от диаметра электрода и допускаемой плотности тока по формуле (42):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 9}{4} \cdot (13 \dots 18,5) = 92 \dots 130 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 90 \text{ А}$.

Напряжение дуги определяем по формуле (43):

$$U_{\phi} = 20 + 0,04 \cdot 90 = 23,6 \text{ В},$$

принимая $U_d = 24 \text{ В}$.

Скорость сварки находим по формуле (11):

$$V_{св} = \frac{9,5 \cdot 90}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,16} = 0,19 \text{ см/с} = 6,9 \text{ м/ч}.$$

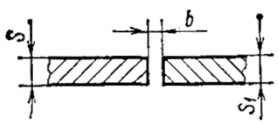
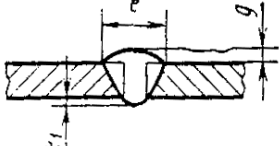
Погонная энергия определяется по формуле (45):

$$q_n = \frac{90 \cdot 24 \cdot 0,8}{0,19} = 9095 \text{ кДж/см}.$$

3.2 Расчет и выбор режимов сварки и размеров шва для механизированной сварки в углекислом газе

Расчет режимов сварки стыкового соединения (С2)

Таблица 9 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения ГОСТ 14471-76

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s s_1	b		e , не более	g		g_1	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.		Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
С2			УП	4,5-6	0	+2	12	1,5	$\pm 0,5$	1,5	$\pm 1,0$

Определяем площадь наплавленного металла:

$$F_n = b \cdot S + 0,73 \cdot g \cdot e + 0,73 \cdot g_1 \cdot e_1, \quad (4)$$

где F_n – общая площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

S – толщина свариваемых деталей, равная 5 мм;

g – высота валика, принимаемая равной 1,5 мм;

b – зазор между свариваемыми пластинами принимаем 1 мм;

e – ширина наплавленного валика, принимаемая 12 мм;

e_1 – ширина обратного валика, принимаемая 5 мм;

g_1 – высота обратного валика, принимаемая равной 1 мм.

Подставляем значения в формулу (4) и получаем:

$$F_n = 1 \cdot 5 + 0,73 \cdot 1,5 \cdot 12 + 0,73 \cdot 1 \cdot 5 = 22 \text{ мм}^2.$$

К основным параметрам режима механизированной дуговой в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчетом, относятся: 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.

В зависимости от типа соединения последовательность расчета режима сварки различна.

Принимаем диаметр электродной проволоки $d_{эл} = 1,2 \text{ мм}$.

Рассчитаем силу сварочного тока:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 170 = 192 \text{ А}, \quad (5)$$

где j – допустимая плотность тока, $j = 170 \text{ А/мм}^2$; принимаем $I_{св} = 200 \text{ А}$.

Определяем оптимальное напряжение дуги

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{эл}}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 200 \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В}, \quad (6)$$

принимаем напряжение $U_d = 22 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_d}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,2 \cdot 22}{200} = 2. \quad (7)$$

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

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

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (8)$$

где ψ – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (9)$$

Подставим известные значения плотности тока в формулу (9), получим: j

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 170 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 170^2 = 12,25 \, \%$$

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

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{200} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,6 \, \text{з/А} \cdot \text{ч}, (10)$$

где величину вылета электрода l принимаем 15 мм, согласно рекомендации [5].

Подставляем значения в формулу (8) и находим : α_n

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi) = 13,6 \cdot (1 - 0,123) = 11,9 \, \text{з/А} \cdot \text{ч}.$$

Тогда подставив все значения в формулу (11), получим:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{11,9 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 22 \cdot 10^{-2}} = 0,38 \, \text{см/с} = 14 \, \text{м/ч}. (11)$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{13,6 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 13 \cdot 10^{-2}} = 8,6 \, \text{см/с} = 309 \, \text{м/ч}, (12)$$

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

γ – плотность электродного металла, г/см³.

Для проверки правильности расчетов при сварке в углекислом газе определяем глубину проплавления, подставив полученные значения параметров режима в формулу:

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}}, (13)$$

где - погонная энергия. q_n

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}} = \frac{0,8 \cdot 200 \cdot 22}{0,38} = 9263 \, \text{Дж/см}, (14)$$

где эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0,84, принимаем , и

подставим полученные значения в формулы (14) и (13), соответственно: $\eta_u = 0,8$

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{9263}{2}} = 0,5 \text{ см}.$$

От заданной глубины проплавления отличается менее чем на 10...15%, следовательно, режимы оптимальны и подобраны верно.

Ширина шва рассчитывается следующим образом:

$$e = H \cdot \psi = 5 \cdot 2 = 10 \text{ см} \quad (15)$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов приближенно найдем по формуле (16):

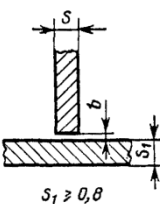
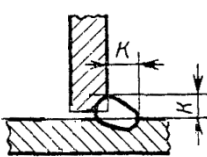
$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + q + q_1) = 0,73 \cdot 10 \cdot (5 + 1,5 + 1) = 55 \text{ мм}^2. \quad (16)$$

Находим общую площадь поперечного сечения проплавленного металла:

$$F_{пп} = F - F_H = 55 - 22 = 33 \text{ мм}^2. \quad (17)$$

Расчет таврового соединения типа Т1

Таблица 10 – Конструктивные элементы и размеры сварного соединения ГОСТ 14471-76

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
Т1			УП	3,2 - 5,5	0	+ 1,0

Площадь наплавленного металла находим по следующей формуле:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{5^2}{2} = 12,5 \text{ мм}^2. \quad (18)$$

Силу сварочного тока $I_{св}$ рассчитаем по формуле (5):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 230 \text{ А},$$

принимаем $I_{св} = 230 A$.

Напряжение дуги определяется по формуле (6):

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 230 = 27 \text{ В},$$

принимаем $U_d = 22 \text{ В}$.

Определим коэффициент формы провара по формуле (7). Согласно [4], величина коэффициента при плотности тока A/mm^2 $j \geq 120^2$ при сварке постоянным током обратной полярности:

Таким образом,

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 22}{230} = 1,76.$$

Подставляем значения плотности тока в формулу (9) и получаем:

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 200 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 200^2 = 12,56 \text{ \%}.$$

Подставляем известные значения и находим коэффициент расплавления по формуле (10):

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,9 \text{ г / А} \cdot \text{ч}.$$

Зная коэффициент расплавления по формуле (8) определяем : α_n

$$\alpha_n = 13,9 \cdot (1 - 0,126) = 12,1 \text{ г / А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки рассчитаем по формуле (11):

$$v_{св} = \frac{12,1 \cdot 230}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} = 0,8 \text{ см / с} = 28,5 \text{ м / ч}.$$

Погонную энергию рассчитаем по формуле (14):

$$q_n = \frac{230 \cdot 22 \cdot 0,8}{0,8} = 5060 \text{ Дж / см}.$$

Определим глубину провара. Согласно [4], глубина провара равна по формуле (13):

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{5060}{1,76}} \approx 0,4 \text{ см}.$$

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

$$e = \psi_{np} \cdot H = 1,76 \cdot 0,4 \approx 0,72 \text{ см} . \quad (19)$$

Задавшись оптимальным значением формы выпуклости, т.е. коэффициентом формы усиления, находим высоту валика. Значения выбирают в пределах 7-10. Меньшие значения имеют место при узких и высоких швах. Большие значения соответствуют широким и низким усилениям. Принимаем $\psi_6 = 8$, согласно [4], тогда: $\psi_6 \psi_6$

$$q = e / \psi_6 = 0,72 / 8 = 0,09 \text{ см} . \quad (20)$$

Определяем общую высоту шва:

$$C = H + q = 0,4 + 0,09 = 0,49 \text{ см} . \quad (21)$$

Глубина проплавления:

$$H_o = C - q_o = 0,49 - 0,35 = 0,14 \text{ см} . \quad (22)$$

Высота заполнения разделки:

$$q_o = \sqrt{F_n} = \sqrt{12,5} = 3,5 \text{ мм} = 0,35 \text{ см} . \quad (23)$$

Глубина проплавления вертикальной стенки:

$$S_6 = (0,8 \dots 1,0) \cdot H_o = 0,9 \cdot 0,14 = 0,13 \text{ см} . \quad (24)$$

Общую площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов приближенно найдем по формуле (25):

$$F_{ш} = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} = \frac{3,14 \cdot 4,9 \cdot 3,6}{2} = 28 \text{ мм}^2 . \quad (25)$$

Находим общую площадь поперечного сечения проплавленного металла:

$$F_{np} = F_{ш} - F_n = 28 - 12,5 = 15,5 \text{ мм}^2 . \quad (26)$$

3.3 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

Для стыкового соединения

Расход электродов для ручной дуговой сварки определяется по формуле:

$$G_э = G_n \cdot (1,6 \dots 1,8), (29)$$

где $G_э$ - масса электродов;

G_n - масса наплавленного металла, которая находится по формуле:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{шва}, (30)$$

где $l_{шва}$ – длина шва равна 3500 мм,

F_n – площадь наплавленного металла, $F_n = 24 \text{ мм}^2$.

Подставим значения в формулу (30), получим:

$$G_n = 7,8 \cdot 0,24 \cdot 350 = 655 \text{ г.}$$

Масса электродов из формулы (29) равна:

$$G_э = 655 \cdot 1,7 = 1114 \text{ г.}$$

Для таврового соединения

Расход электродов для ручной дуговой сварки определяется по формуле:

$$G_э = G_n \cdot (1,6 \dots 1,8), (29)$$

где $G_э$ - масса электродов;

G_n - масса наплавленного металла, которая находится по формуле:

$$G_n = \gamma \cdot F_n \cdot l_{шва}, (30)$$

где $l_{шва}$ – длина шва равна 5100 мм,

F_n – площадь наплавленного металла, $F_n = 16 \text{ мм}^2$.

Подставим значения в формулу (30), получим:

$$G_n = 7,8 \cdot 0,16 \cdot 510 = 637 \text{ г.}$$

Масса электродов из формулы (29) равна:

$$G_э = 637 \cdot 1,7 = 1083 \text{ г.}$$

3.4 Расход сварочных материалов при сварке в среде углекислого газа плавящимся электродом

Для стыкового соединения

При сварке в среде углекислого газа расход сварочной проволоки можно определить по формуле:

$$G_p = \frac{G_n}{(1-\psi)}, \quad (27)$$

где G_n - масса наплавленного металла, массу наплавленного металла определяем по формуле:

$$G_n = F_n \cdot \gamma \cdot l_u = 0,22 \cdot 7,8 \cdot 350 = 600 \text{ г}; \quad (28)$$

ψ – коэффициент потерь, под которым понимают отношение количества металла, потерянного в виде брызг и угара, к полному количеству расплавленного электродного металла. Поскольку в ходе расчетов режимов сварки этот коэффициент был определен: $\psi = 0,126$, то расход сварочной проволоки равен:

$$G_p = \frac{600}{(1-0,123)} = 684 \text{ г}.$$

Определим расход газа, требуемого на выполнение шва, по формуле:

$$G_z = t_{оч} \cdot q_n, \quad (29)$$

где $t_{оч}$ – основное время сварки.

Основное время сварки определяем по формуле:

$$t_{оч} = \frac{l_u}{V_{св}}, \quad (30)$$

Таким образом,

$$t_{оч} = \frac{350}{0,38} = 921 \text{ сек} \approx 15,4 \text{ мин}.$$

где g_n – норма расхода газа равна: $g_n = 15 \text{ л/мин.}$ [5]

Таким образом, расход газа, при сварке листов встык толщиной 4 мм будет равен:

$$G_z = 15,4 \cdot 15 = 230 \text{ л}.$$

Для таврового соединения

Массу наплавленного металла определяем по формуле (28):

$$G_H = F_H \cdot \gamma \cdot l_{ш} = 0,125 \cdot 7,8 \cdot 510 = 497 \text{ г}.$$

Расход сварочной проволоки можно определить по формуле (27):

$$G_p = \frac{497}{(1-0,126)} \approx 569 \text{ г}.$$

Определим расход газа, требуемого на выполнение шва, по формуле (47), для этого найдем основное время по формуле (30):

$$t_{осн} = \frac{510}{0,8} = 638 \text{ сек} \approx 10,6 \text{ мин}.$$

Норма расхода газа для угловых швов равна: $g_H = 9 \text{ л/мин.}$ [5]

Таким образом, расход газа, при сварке листов таврового соединения:

$$G_g = 10,6 \cdot 9 = 95,6 \text{ л}.$$

3.5 Технология сборки и сварки конструкции

3.5.1 Заготовительные операции

Точность подготовки деталей к сборке и качество производящейся сборки оказывают весьма существенное влияние на несущую способность и экономичность сварной конструкции. Перед сборкой деталей необходимо устранять дефекты, которые появились при заготовительных операциях. Для получения заготовки нам необходимо выполнить ряд операций. Прокат подвергают правке и зачистке с целью устранения загрязнений и неровностей, которые появляются еще при прокате либо при транспортировке металла.

Затем выполняют разметку или наметку деталей: разметку проводят путем перенесения размеров заготовки чертежа непосредственно на металл, кернение металла производят по линии будущего реза; наметку производят путем перенесения на металл необходимых для изготовления заготовки размеров с шаблона, специально изготовленного из тонколистового металла, фанеры или картона. Чертилкой обводят контуры шаблона, после чего его удаляют, вдоль всей линии реза наносят керны и деталь маркируют. Далее

производят вырезку детали. Нарезают заготовки на ножницах или на ручных и механизированных резаках.

Для получения заготовок из листов, а также для получения отверстий в изделии, используем кислородную разделительную резку. В качестве оборудования для кислородной резки принимаем резак инжекторного типа «Факел», изготавливаемый по ГОСТ 5191-79.

Таблица 11 – Технические характеристики резака «Факел» [5]

Показатели	«Факел»
Толщина разрезаемого металла, мм	3÷300
Расход газа, м ³ /ч: кислорода ацетилена	3÷40 0,4÷1,2
Давление газа, кПа кислорода ацетилена	300÷1200 1
Габаритные размеры, мм	535x72x159
Масса, кг	5,05

Для очистки от ржавчины, окалины, краски и др. загрязнений будем пользоваться пневматической щеткой УПЩР-1.

Таблица 12 – Технические данные пневматической щетки УПЩР-1 [5]

Показатели	УПЩР-1
Число оборотов проволочной щетки в минуту: без нагрузки под нагрузкой	3800÷4100 2500÷3000
Мощность двигателя при давлении сжатого воздуха 5кг/ см ² , л.с.	0,8
Крутящий момент на шпинделе при указанной мощности, кг·м	19,5÷21,5
Диаметр воздушного шланга, мм	13
Диаметр проволочной щетки, мм	100÷110
Габариты (без кожуха и проволочной щетки), мм	370x119x74
Вес (без проволочной щетки), кг	3,4
Вес проволочной щетки, кг	0,35

Порядок выполнения заготовительных операций описан в маршрутных картах комплекта документов ФЮРА 10100 00001, приложение А.

3.5.2 Сборка металла под сварку

Сварке всегда предшествует сборка конструкции, т.е. установление и фиксация деталей в предусмотренном проектом положении. Сборка под сварку является одной из трудоемких и механизированных операций. Она должна обеспечивать возможность качественной сварки конструкции. Для этого необходимо выдержать заданный зазор между соединяемыми деталями, установить детали в проектное положение и закрепить между собой так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки и кантовки, а если необходимо, - и транспортировки. Должен быть обеспечен свободный доступ к месту сварки. В подавляющем большинстве случаев взаимное расположение деталей перед дуговой сваркой фиксируется при помощи коротких отрезков швов, называемых прихватками. В ряде случаев, особенно при сварке жестких узлов, прихватки заменяют сплошным швом небольшого сечения (беглым швом), что значительно повышает стойкость металла шва против кристаллизационных трещин и уменьшает вероятность нарушения заданного взаимного расположения деталей в процессе сварки вследствие растрескивания прихваток. Беглый шов сваривают вручную или механизированным способом.

Для закрепления деталей широко применяют струбцины, клинья, стяжные уголки и другие механические приспособления.

4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящем исследовании разработан и обоснован технологический процесс сборки и сварки эстокады под технологический трубопровод.

Целями настоящего раздела являются:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной, финансовой эффективности исследования.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные.

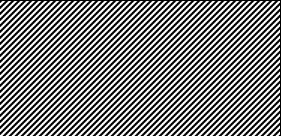
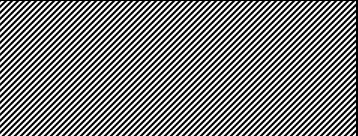
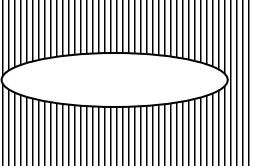
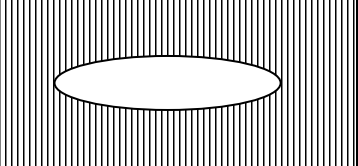
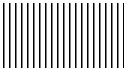
Профиль	Вид услуги		
	Проектирование	Производство	Эксплуатация
Экономический			
Охрана труда			
Технологический			

Рисунок 8 - Карта сегментирования рынка услуг

 НИ ТПУ  НГТУ  НИ МГТУ

Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования был выбран проект технологического процесса сборки и сварки эстокады для технологического трубопровода для НИ ТПУ.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	2	2	0,05	0,1	0,1
3. Цена	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	3	3	0,05	0,15	0,15
Итого	1				3,83	3,59	3,28

Б_{к1} - НГТУ, Б_{к2} - НИ МГТУ

Рассматриваемые в проекте решения имеют наиболее высокий коэффициент конкурентоспособности в сравнении с конкурентами.

4.3 SWOT-анализ

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 14 – Swot-анализ производственной деятельности цеха

	Возможности 1. Увеличение объемов производства 2. Применение современных технологий	Угрозы 1. Штрафы за нарушение законодательства (трудового, экологического и т.д.) 2. Устаревание технологий и оборудования
Сильные стороны 1. Наличие собственных разработок 2. Высококвалифицированный персонал	1. Строительство новых производственных мощностей	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам 2. Проведение модернизации
Слабые стороны 1. Слабо развита инфраструктура 2. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания	1. Развитие инфраструктуры 2. Применение современных технологий при производстве 3. Переход на услуги отечественных сервисных компаний	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам

Анализируя таблицу SWOT-анализа можем сказать, что предприятие имеет достаточно сильных сторон и возможностей, чтобы уверенно функционировать в условиях современных реалий.

Основной слабой стороной является зависимость от иностранных сервисных компаний, которые предоставляют услуги по ремонту и модернизации оборудования. При этом стоит говорить о необходимости постоянной модернизации технологий и оборудования.

Кроме того, важной задачей для организации является соблюдение трудового, экологического, патентного права.

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят инженер и научный руководитель ВКР. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.

4.4.2 Определение трудоемкости работ

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{\text{ож}i}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min } i} + 2t_{\text{max } i}}{5}, \quad (1)$$

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер
	6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель, Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер, руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Инженер
	11	Оформление результатов по охране труда	Инженер
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер
	13	Оформление экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Инженер, руководитель

где $t_{ожи\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{мин\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{макс\ i}$ – 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 T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.; $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность работ внесена в табл. 15.

4.4.3 График проведения научного исследования

График проведения научного исследования приведен в таблице 4. Календарный план-график проведения исследования представлен на рисунке 9. Для построения графика длительность каждого из этапов работ переводим в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3)$$

где T_{ki} - длительность этапа в календарных днях;

T_{pi} – длительность этапа в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности ($k_{кал} = 1.22$).

Рассчитанные значения в календарных днях округляются до целого числа.

Таблица 15 – Календарный план проекта

№ этапа	Наименование этапа	Кол-во человек	Продолжительность работ			T_{pi} (дни)	T_k (дни)
			t_{min} (дни)	t_{max} (дни)	$t_{ож}$ (дни)		
1	2	3	4	5	6	7	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	2	2	2	2	2
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер	1 2	1 5	1 3	1 3	1 4
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер	1 4	1 10	1 7	1 7	1 9
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер	3	8	6	6	7
6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель, Инженер	1 3	1 5	1 4	1 4	1 5
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер	3	5	4	4	5
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	6	6	6	6	7
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Инженер	10 3	12 5	11 4	11 4	13 5
10	Сбор информации по охране труда	Инженер	3	5	4	4	5
11	Оформление результатов по охране труда	Инженер	3	5	4	4	5
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер	2	4	3	3	4
13	Оформление экономической части работы	Инженер	2	4	3	3	4
14	Составление пояснительной записки	Руководитель, Инженер	1 9	1 14	1 12	1 12	1 15
	Всего дней	Руководитель, Инженер				22 56	25 70

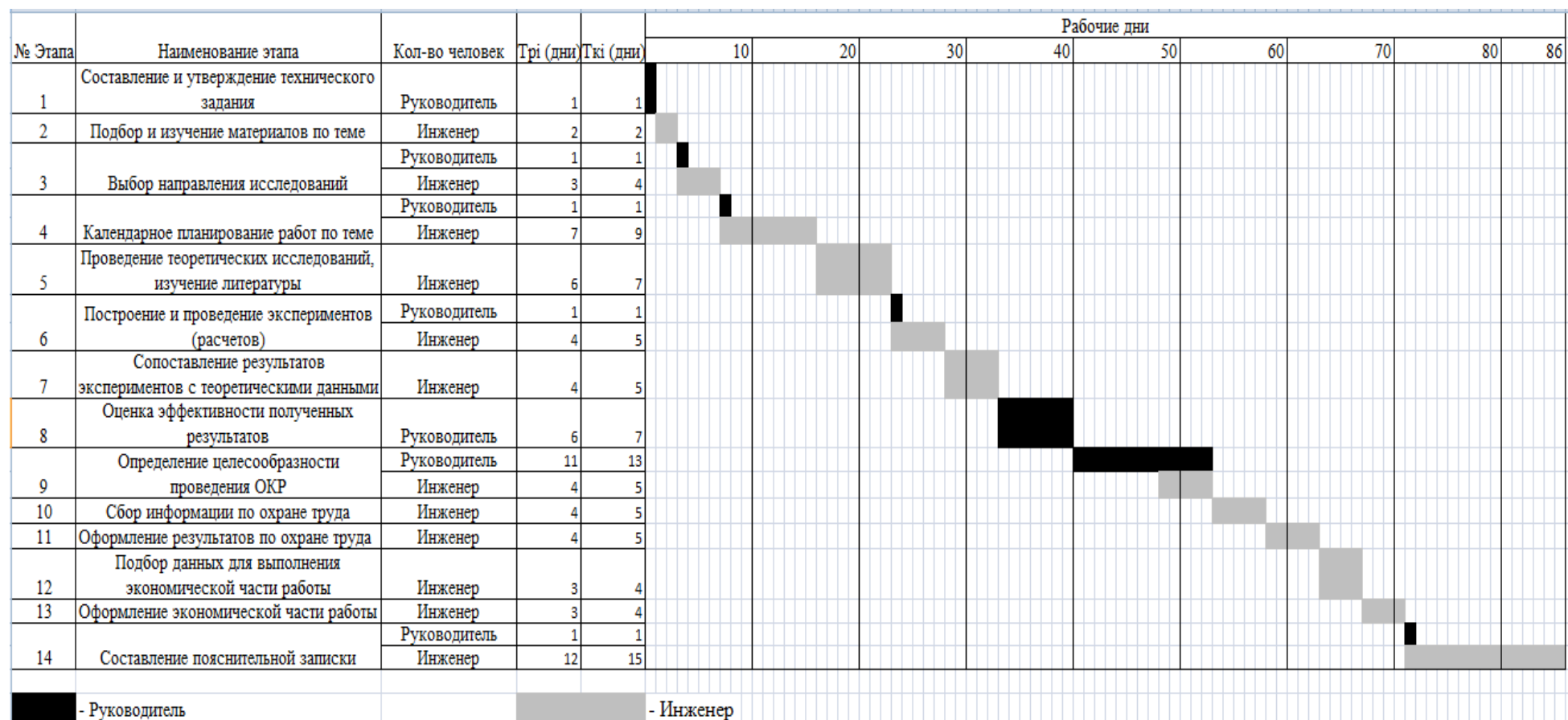


Рисунок 9 – Календарный план-график проведения научного исследования

4.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых затрат (расходов), необходимых для его выполнения:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расч i}, \quad (4)$$

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 20.

Исполнение 1: проектирование технологического процесса сборки эстокады для технологического трубопровода для НИ ТПУ (обосновываемый проект)

Исполнение 2: проектирование технологического процесса сборки эстокады для технологического трубопровода для НГТУ

Исполнение 3: проектирование технологического процесса сборки эстокады для технологического трубопровода для НИ МГТУ

Таблица 16 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., с НДС руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Бумага	листов	400	600	500	0,6	0,6	0,6	288	432	360
Чернила для принтера	мл	100	150	50	4	4	4	480	720	240
Тетрадь	шт.	2	1	4	15	15	15	36	18	72
Ручка	шт.	3	2	4	10	10	10	36	24	48
Карандаш	шт.	1	2	1	7	7	7	8,4	16,8	8,4
Итого								848	1210	728

4.4.6 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Компьютер	1	37920
Принтер	1	13990
ИТОГО		51480

Рассчитаем амортизацию оборудования

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (5)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования (0,4);

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического

режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$T_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Время использования оборудования составило 336 часов для компьютера и 4 часа для принтера, тогда амортизация для них:

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 37920 \cdot 336 \cdot 1) / 2408 = 2116,47 \text{ руб.}$$

$$C_{AM}(Принт) = (0,4 \cdot 13990 \cdot 4 \cdot 1) / 2408 = 9,30 \text{ руб.}$$

Общая амортизация составит 2125,77 руб.

4.4.7 Расчет основной и дополнительной заработной платы

Численность исполнителей принимается как $N_{рук}=1$, $N_{исп}=1$, общее число исполнителей – 2 человек.

Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в таблицу 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	-	-
Эффективный фонд рабочего времени, Фд	252	276

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (7)$$

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.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

$$Z_{\text{дн(рук)}} = 49010 \cdot 10,4 / 252 = 2022,63 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн(рук)}} = 18070 \cdot 11,2 / 276 = 733,2 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (9)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (10)$$

где $Z_{осн}$ - основная заработная плата; $Z_{доп}$ - дополнительная заработная плата (12-20% от $Z_{осн}$)

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (12)$$

где $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15)

Таблица 19 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_б$, руб.	k_p	$Z_м$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$
Руководитель	37700	1,3	49010	2022,63	22	44497,86	5339,74
Инженер	13900	1,3	18070	733,27	56	41063,12	4927,57

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (30%):

$$Q_{соц.н.} = 0,3 * ЗП, \text{руб.}, \quad (13)$$

Таблица 20 – Заработанная плата одного исполнителя НИР, руб.

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	49837,6	14951,28
Исполнитель	45990,69	13797,21
ИТОГО	95828,29	28748,49

4.4.8 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

В представленном исследовании командировки отсутствовали.

4.4.9 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

а) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.

- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

б) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Контрагентные расходы включают затраты на Интернет, которые за 86 календарных дней составили 1200 руб.

4.4.10 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.4.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 21.

Таблица 21 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	2	3	4
1. Материальные затраты НТИ	848,00	1210,00	728,00
2. Амортизационные отчисления	2125,77	2125,77	2125,77
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	85560,98	85560,98	85560,98
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10267,31	10267,31	10267,31
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28748,49	28748,49	28748,49
6. Контрагентские расходы	1200,00	1200,00	1200,00
7. Накладные расходы	20600,08	20658,01	20580,9
8. Бюджет затрат НТИ	149350,6	149770,6	149211

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 22 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	1	0,995
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,05	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,45	4,13	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,91

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации устройства, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 86 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 70 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 25;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 149350,6 руб;

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,997, что является показателем того, что ИР не уступает аналогам по выгодности;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,45, по сравнению с 4,05 и 3,9;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,45, по сравнению с 4,13 и 4,06, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

В настоящем исследовании разработан и обоснован технологический процесс сборки и сварки эстакады под технологический трубопровод.

Для изготовления данного узла необходимо оборудованное помещение (лаборатория) размером 20 на 15 метров для ведения сборочных и сварочных работ, а также оборудование: углошлифовальная машина, сборочно-сварочный стенд, источники питания для сварки, балластный реостат, баллоны с защитным газом. На данном рабочем месте будет проводиться сравнение двух способов сварки: ручной дуговой и полуавтоматической, в среде защитных газов, с целью выбора наиболее оптимального. Работы будет выполнять сварщик, имеющий квалификационную группу по электробезопасности не ниже II, а также сдавший испытания на знание противопожарных мероприятий и требований по безопасности труда.

В этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также будет проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, что позволит определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности как для помещения, так и для организации в целом.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.

К работам в сборочно-сварочном цехе, для которого в рамках настоящей выпускной квалификационной работы разработан технологический процесс, допускаются лица не моложе 18-ти лет, имеющие соответствующую квалификацию и не имеющие медицинских противопоказаний.

Все работники, участвующие в производстве сварочных работ, должны:

- пройти обучение правилам оказания первой доврачебной помощи в установленном порядке;

- пройти вводный инструктаж у начальника структурного подразделения Заказчика, первичный инструктаж по охране труда у начальника соответствующей службы (участка) структурного подразделения Заказчика с регистрацией в соответствующих журналах.

Рабочий персонал, участвующий в производстве работ, должен: перед началом работ повышенной опасности (включая огневые и газоопасные работы) получить целевой инструктаж по охране труда у лица, ответственного за безопасное проведение работ; выполнять работы повышенной опасности (включая огневые и газоопасные работы) только при наличии наряда-допуска, оформленного в соответствии с требованиями «Регламента организации огневых, газоопасных и других работ повышенной опасности и оформления нарядов-допусков...», с соблюдением мер безопасности изложенных в наряде-допуске, инструкциях и т.д.;

- в процессе выполнения работ правильно и своевременно применять полученные средства индивидуальной защиты;

- в процессе выполнения работ применять только исправные инструменты и приспособления.

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Рабочее место должно соответствовать требованиям

- ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

- ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

- ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля. При этом частоту выполнения операций принимают: очень часто - две и более операций в 1 мин; часто - менее двух операций в 1 мин, но более двух операций в 1 ч; редко - не более двух операций в 1 ч.

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15° .

Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности;
- подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

При работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было перекрещивания рук. Органы управления, используемые до 5 раз в смену, допускается располагать за пределами зоны досягаемости моторного поля.

Аварийные органы управления следует располагать в пределах зоны досягаемости моторного поля, при этом следует предусмотреть специальные средства опознавания и предотвращения их непроизвольного и самопроизвольного включения [9].

5.2. Производственная безопасность.

5.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Основные опасные и производственные факторы в соответствии с местом их возникновения и нормами изложены в ГОСТ 12.0.003-2015 и сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте на сварочном участке

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Опасные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов.	ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ Система стандартов безопасности труда электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;
Опасные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения: а) действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего; б) неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним	СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда
Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 23240-78. Конструкции сварные. Метод оценки хладостойкости по реакции на ожог сварочной дугой.
Вредные производственные факторы, связанные со световой средой и характеризующиеся чрезмерными (аномальными относительно природных значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности: а) недостаток необходимого естественного освещения; б) недостаток необходимого искусственного освещения; в) повышенная пульсация светового потока.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;	ГОСТ 12.1.003–2014 Шум. Общие требования безопасности; ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума; СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов

	среды обитания
Вредные производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Микроклимат в цехе (СанПиН 1.2.3685-21; СП 60.1330.2012)

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях.

Неблагоприятные перепады производственного микроклимата в цехах обусловлены наличием многочисленного теплонесущего оборудования. Высокая температура воздуха и низкая (большей частью) относительная влажность в цехе объясняется значительными конвективными и радиационными тепловыделениями от оборудования.

По ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ.

Эти данные приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Нормируемое качество воздуха

Сезон года	Категория работы	Температура, С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный период года	III	16-18	60-40	0,3
Теплый период года	III	18-21	60-40	0,5

В рассматриваемом цехе температура воздуха в теплый период года составляет 20-37 °С, относительная влажность 17-53 %, скорость движения воздуха - от 0,5 до 2,6 м/с. В холодный период температура воздуха рабочих зон на разных отметках снижается неравномерно и находится в пределах 13-

45 °С, относительная влажность составляет 17-71 %, скорость движения воздуха в пределах от 0,3 до 1,4 м/с.

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к III категории работ, тяжелая (СанПиН 1.2.3685-21).

Параметры микроклимата в зимнее время поддерживаются системой отопления и вентиляцией, летом – только общеобменной вентиляцией.

В цехах предприятия используется общеобменная, механическая приточно-вытяжная вентиляция. Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу используются пылеотделители.

Защита от шума и вибрации (ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ)

Одними из основных вредных факторов на производстве являются шум и вибрации.

Источниками вибрации являются электроприемники, электрооборудование, различные производственные механизмы.

Главным источником шума при ведении сварочных работ является источник питания. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Общие требования по шумовой и вибрационной безопасности для электротехнического персонала сведены в таблицы 25 и 26.

Таблица 25 - Общие требования по шумовой безопасности

Рабочие места в цехе	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц				Уровни звука дБА
	31,5	63	125	250	85
Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятия	110	99	92	86	

Таблица 26 - Общие требования по вибрационной безопасности

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах с среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

В качестве защиты от шума и звука следует применять звукоизоляцию, звукопоглощение, специальные глушители аэродинамического шума, средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, противозумные каски, специальная противозумная одежда).

Всё оборудование, являющееся источником вибраций, должно быть установлено на виброопорах.

Вредные производственные факторы, связанные со световой средой (СанПиН 1.2.3685-21; СП 52.13330.2016)

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СП 52.13330.2016 [20]. Нормы значений пульсации, искусственной и естественной освещенности рабочей поверхности при работе со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах согласно СП 52.13330.2016 приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественное освещение	Совмещенное освещение			
				Освещенность, лк	Сочетание нормируемых величин объединённого показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		KEO, е _н %			
							При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Более 0,5	VII	То же		200	25	20	3,0	1,0	1,8	0,6

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Электробезопасность

Поражение электрическим током персонала, работающего с электроустановками, является опасным для жизни человека и наступает при соприкосновении его с сетью не менее чем в двух точках.

По степени опасности поражения людей электрическим током сборочно-сварочный цех относится к категории 2 - помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность, а именно возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и

т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Для защиты персонала от поражения электрическим током в цехах предприятия используются следующие меры:

- изоляция проводов и её непрерывный контроль;
- предупредительная сигнализация и блокировка;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- защита от случайного прикосновения;
- защитное заземление;
- защитное отключение;
- зануление.

Кроме того, используются индивидуальные электрозащитные средства.

Воздушная среда и производственные факторы

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения.

Наиболее распространенными профзаболеваниями у сварщиков из-за загрязненной воздушной среды являются: пневмокониоз, профессиональный бронхит и бронхиальная астма.

В таблице 28 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей.

Таблица 28 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

К опасным производственным факторам при сварке относятся искры и брызги, выбросы расплавленного металла и шлака; возможность взрыва

баллонов и систем, находящихся под давлением; движущиеся механизмы и изделия; подъемно-транспортное оборудование.

При сварке могут иметь место засорения и ранения глаз, ожоги тела, ушибы, ранения. Ожоги и поражения глаз наиболее часто наблюдаются при РДС, при полуавтоматической сварке в CO_2 плавящимся электродом, особенно при токах малой плотности. Причиной является выброс большого количества искр и брызг расплавленного металла. Кроме опасностей ожогов от выбрасываемого жидкого металла возможны ожоги и ранения в результате отскакивания от поверхности шва частиц еще не остывшей шлаковой корки. Имеют место порезы рук острыми кромками деталей, ушибы падающими деталями и другие травмы, являющиеся, как правило, следствием неосторожности при выполнении сварочных или подготовительных работ.

5.3 Экологическая безопасность

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные. Для определения влияния на окружающую среду загрязняющих веществ необходимо воспользоваться ГОСТ Р 56164-2014, в котором приведены удельные показатели и их допустимые пределы, показанные в таблице 29.

Таблица 29 – Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов

Технологический процесс	Используемый материал и его марка	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг							
		Сварочный аэрозоль	Железа оксид	Марганец и его соединения	Хром шестивалентный	Пыль неорганическая SiO ₂	Фтористый водород	Диоксид азота	Диоксид углерода
РДС сталей штучными электродами	УОНИ – 13/55	16,9 9	14,9	1,09	-	1	0,93	2,7	13,3
В защитном газе электродной проволокой	Св-08Г2С	10	7,62	1,9	-	0,43	-	-	-

Значения показателей находятся в допустимых пределах.

При ведении сварочных работ возможны следующие отходы: использованные электроды, шлак. Шлак по составу являются обыкновенной стальной проволокой, состав которой нам известен, если мы знаем марку проволоки. Отходы подобного типа отправляются на переплавку, после чего используются для производства расходных материалов. Размер использованных электродов (огарков) может колебаться от 50 до 100 мм. в зависимости от места, где сварщик закончил свою работу. Благодаря этому большинство отходов можно использовать в качестве металлолома- получать за них средства в пункте приема лома. Утилизация огарков сварочных электродов является регламентированной процедурой, поэтому сбор отходов производится на месте. Сортировке по маркировке уделяется особое внимание. Перед сдачей металлолом взвешивается в обязательном порядке, после чего проходит серию проверок.

Для подготовки деталей перед сваркой применяются обезжириватели поверхностей: ацетон, метиловый спирт. Для переработки ветоши после использования прекурсоров применяется термический способ утилизации – сжигание в специальных печах, предотвращающих выброс вредных веществ в окружающую среду. Ответственность неправильную за утилизацию

химических прекурсоров предусмотрена статьями 6.3. и 8.2. Кодекса РФ об административных правонарушениях.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении исследования могут возникнуть чрезвычайные ситуации, такие как пожар и поражение электрическим током.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре».

С целью предотвращения пожаров необходимо: уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети; курить только в отведенных для курения местах; в случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу; сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В целях безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели). Осуществляется дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 19 % кислорода.

В случае возникновения пожара необходимо оповестить работающих в производственном помещении и принять меры к тушению очага пожара; горящие части электроустановок и электропроводку, находящуюся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем.

согл.МУ: На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред.от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной

безопасности" Самым вероятным пожаром может быть пожар класса С (пожары газов).

Первичными средствами пожаротушения будут:

- 1) переносные и передвижные огнетушители;
- 2) пожарный инвентарь;

5.6 Выводы по разделу

Все потенциально возможные вредные и опасные факторы на сварочном участке соответствует допустимым нормам.

Согласно ПУЭ по электробезопасности сборочно-сварочный цех относится к опасным помещениям

Категорию тяжести труда сварщиков по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к III категории работ, тяжелая.

Сварщики имеют вторую группу электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Категория сварочного участка по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» относится к категории А, взрывоопасная.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы инженера, была разработана технология сборки и сварки эстакады нефтепровода с использованием механизированной сварки в среде углекислого газа. Подобраны сварочные материалы, оборудование. Была проведена экономическая оценка сравниваемых способов сварки, по результатам которой можно сказать, что механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа более выгодна, чем ручная дуговая сварка покрытыми электродами при изготовлении данной конструкции.

Экономическая эффективность изготовления узлов эстакады определяется малым сроком окупаемости $PP=0,3$ года.

По результатам полученных показателей экономической оценки инвестиций и ряду достоинств можно сделать вывод, что внедрение разработанной технологии даст существенный экономический эффект и так же позволит ускорить процесс монтажа.

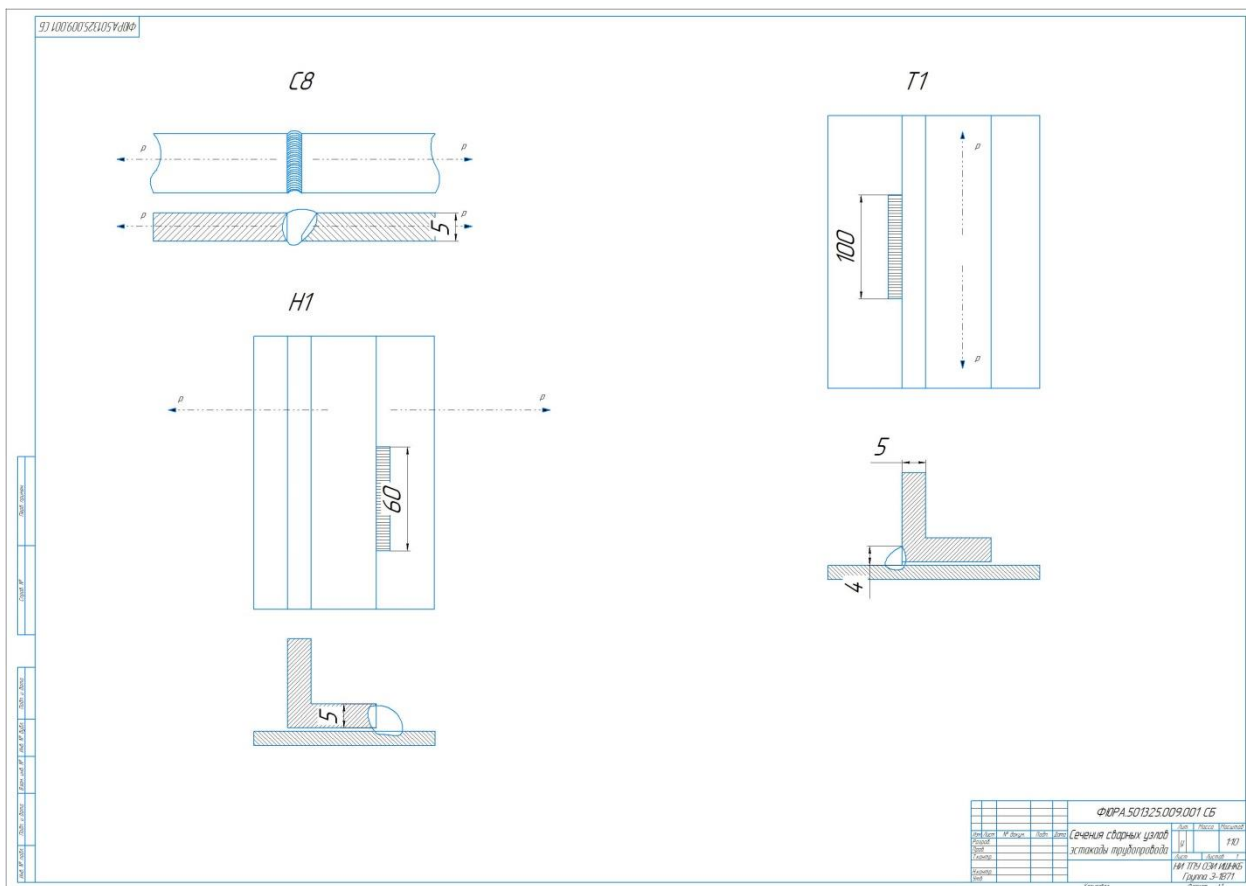
Список использованных источников

1. Блинов А.Н., Лялин К.В. Организация и производства сварочно-монтажных работ – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 2008 – 322 с.
2. Болдырев А.М. Технология сварки в строительстве: Учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2007. – 194 с.
3. Зорин Е. Е., Худолий Н. Г. Сварка. Введение в специальность. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 232 с.: ил.
4. Ларионов В. П. Электродуговая сварка конструкций в северном исполнении.– Новосибирск: Наука, 2006. – 355с.
5. Малышев Б. Д., Гетия И. Г. Безопасность труда при выполнении сварочных работ в строительстве: Учеб. Пособие для сред. Проф.- техн. Училищ.- М.: Строй издат, 2008. – 88с
6. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. Ред. В. ГН. Сорокина. – М.:Машиностроение, 2009.–640с.
7. С. А. Куркин, Г. А. Николаев/Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве. Учеб. Для вузов.–М.:высш. Шк., 2011. – 398с.
8. Сварка и проблемы вязкохрупкого перехода/Ларионов В. П. и др.- Новосибирск: Издательство СО РАН, 2018 – 593с.
9. Сварные конструкции. Расчёт и проектирование: Учеб. Для вузов/Под ред. Г.А. Николаева.- М.: Высш. Шк., 2010. – 446с
10. Сосуды и трубопроводы высокого давления: Справочник/Е.З. Хрустулин, Е. М. Королев, В. И. Лившиц и др. – М.:Машиностроение, 2010. – 384с.
11. Шебеко Л.П. Оборудование и технология автоматической и полуавтоматической сварки: Учебник для техн. уч-щ / 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 296 с.
12. Шмелева И.А. Дуговая сварка стальных конструкций, М.: Машиностроение, 2006. – 232 с.

13. Электросварка. Справочник.-М.:СОЛОН-Пресс, 2004.-672с.
14. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
15. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
16. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
17. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
18. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
19. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
20. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
21. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности
22. Межотраслевые правила по охране техники труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. М.: НЦ ЭНАС., 2003.
23. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений
24. ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
25. ГОСТ 25861-83. Машины вычислительные и системы обработки данных. Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний

ФЮРА.501325.009.001 СБ Эстакада под технологические
трубопроводы





ФЮРА 02100.00001 Комплект технологической документации на
технологически процесс изготовления эстакады трубопровода

				ГОСТ 3.1105-84				Формы 4											
Директ.																			
Взам.																			
Подл.																			
								Изм.		Лист		№ докум.		Подпись		Дата			
												3		1					
								НИ ТПУ ОЭИ ИШНКБ Кафедра				ФОРМА 02100.00001							

Министерство образования и науки РФ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ООП

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологический процесс

изготовления эстакады

трубопровода

Нормоконтроль

Гордынец А.С.

_____ 2022 г.

Выполнил

Студент гр. 3-1871

Рязанов С.А.

ТЛ

ГОСТ 3.118-82										Форма 2а							
Дир.																	
Взам.																	
Подл.																	
Разраб.	Рязанов С.А.				НИ ТПУ ОЭИ ИШКБ					ФОРМА 10100 00001							
Провер.	Гордынец А.С.				каф.												
Нормир.																	
Начинтр.	Гордынец А.С.																
Утв.						Эстакада трубопровода					2	1					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование оборудования					Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение код							ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нраск.
A01	1	1	1	005	Сварка	ГОСТ 14.771-76 Нормативная документация ПБ 03-576-03, ПБ 03-584-03											
B02	Приспособление для сборки и сварки фермы эстакады					Монтажник											
O 03	Собрать и закрепить ферму в приспособлении согласно чертежу																
O4																	
A05	1	1	1	010	Сварка	ГОСТ 14.771-76 на сварку в защитном газе											
B06	Lincoln Electric Powertec 365S																
M07	Сварочная проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, углекислый газ (высший сорт) ГОСТ 8050-85																
O08	Сварить ферму механизированной сваркой в среде углекислого газа согласно чертежу																
T09	Щиток НН-0-30541 ГОСТ 12035-80, щетка металлическая ГОСТ 1641-75																
10																	
A11	1	1	1	015	Сварка	ГОСТ 14.771-76 Нормативная документация ПБ 03-576-03, ПБ 03-584-03											
B12	Приспособление для сборки и сварки фермы эстакады					Монтажник											
O13	Перевернуть ферму и закрепить ее в приспособлении согласно чертежу																
14																	
A15	1	1	1	020	Сварка	ГОСТ 14.771-76 на сварку в защитном газе											
B16	Lincoln Electric Powertec 365S																
МК																	

ГОСТ 3.118-82										Форма 2а					
Дир.															
Взам.															
Подл.															
Разраб.	Рязанов С.А.				НИ ТПУ ОЗН ИШКБ										
Провер.	Гордынец А.С.				каф.								ФОРМА 10100 00002		
Нормир.															
Н.контр.	Гордынец А.С.														
Утв.					Эстакада трубопровода								2		
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования					Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нраск.
М01	Сварочная проволока Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, углекислый газ (высший сорт) ГОСТ 8050-85					Сварщик									
002	Сварить ферму механизированной сваркой в среде углекислого газа согласно чертежу														
Т03	Щиток НН-0-30541 ГОСТ 12035-80, щетка металлическая ГОСТ 1641-75														
04															
А05															
Б06															
007															
08															
А09															
Б10															
М11															
012															
Т13															
14															
А15															
Б16															
МК															