

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии сборки и сварки узлов кабельной эстакады</b>

УДК 621.791.01:624.94.014.2.078.4:621.315.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Фетляев Ремзи Энверович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	К.Т.Н., доцент		

### 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	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## Планируемые результаты обучения по программе

<b>Планируемые результаты освоения ООП</b>	
<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации

ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности

<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

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  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В71	Фетляев Ремзи Энверович

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки узлов кабельной эстакады	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10 января 2022, №10-б/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Кабельная эстакада. Материал сталь СтЗсп.</p> <p>Рабочее место сварщика расположено на открытой строительной площадке.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Введение</p> <p>2 Общая часть</p> <p>3 Технологическая часть</p> <p>4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> <p>5 Социальная ответственность</p> <p>6 Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>1 Титульный лист</p> <p>2 Цели и задачи</p> <p>3 Общий вид кабельной эстакады</p> <p>4 Сварочные материалы, оборудование и режимы сварки узлов кабельной эстакады</p> <p>5 Технология сборки и сварки узлов кабельной эстакады</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность;</p> <p>7 Социальная ответственность</p> <p>8 Вывод</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Татьяна Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01 февраля 2022 г.</p>
--	---------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселев Алексей Сергеевич	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В71	Фетляев Ремзи Энверович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В71	Фетляев Ремзи Энверович

<b>Институт</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОТСП</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников предприятия</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>- районный коэффициент – 1,3; - норма амортизации – 10-15%</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	<i>Общая система налогообложения. Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%);</i>

**Перечень вопросов, подлежащих разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование технического проекта</i>	<i>Формирование плана и графика разработки - определение структуры работ; - определение трудоемкости выполнения работ по проекту; - разработка графика.</i>
3. <i>Нормирование времени сварки и экономическая оценка сравниваемых способов сварки</i>	<i>Формирование операционных норм времени на сварку: - основное время на сварку; - вспомогательное время; - подготовительно-заключительное время; - штучное время; - штучно-калькуляционное время. Формирование текущих затрат на сварочные работы: - материальные затраты; - заработная плата; - отчисления во внебюджетные фонды; - амортизация оборудования.</i>

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

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Диаграмма Ганта*

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В71	Фетляев Ремзи Энверович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 3-1В71	ФИО Фетляев Ремзи Энверович
------------------	--------------------------------

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

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки узлов кабельной эстакады	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>- Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации</li> </ul>	<p><b>Объект исследования</b> – технология сборки и сварки узлов кабельной эстакады</p> <p><b>Область применения</b> – строительная отрасль.</p> <p><b>Рабочая зона</b> – полевые условия.</p> <p><b>Климатическая зона</b> - Томская область. Местность равнинная. Климат умеренный.</p> <p><b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601).</li> </ul> <p><b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сборка;</li> <li>- сварка.</li> </ul>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><b>Законодательные и нормативные документы по теме:</b></p> <p>СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий</p> <p>СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства</p> <p>ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе.</p> <p>Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Выявить опасные факторы на сварочном участке:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</li> <li>2. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.</li> <li>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;</li> </ol> <p><b>Выявить вредные факторы на сварочном участке:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> </ol>

	<p>3. Повышенный уровень общей вибрации;</p> <p>4. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>5. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>6. Длительное сосредоточенное наблюдение.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> сварочные краги, спецодежда, респираторы, сварочные маски.</p>
<b>3. Экологическая безопасность <u>при эксплуатации</u></b>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> - необходимость утилизации отходов лома металлов и промышленного мусора.</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> - выбросы химических прекурсоров (ацетон, метанол).</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> - выбросы вредных сварочных аэрозолей.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации</u></b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> пожар, морозы.</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар.</p>

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	Фетляев Ремзи Энверович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 98 с., 2 рис., 36 табл., 21 источник, 10 листов демонстрационного материала (слайдов).

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

Объектом разработки является технология для сборки и сварки узлов кабельной эстакады.

Цель работы – разработать технологию для сборки и сварки узлов кабельной эстакады.

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

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 7.0 и графическом редакторе КОМПАС-3D V14

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Обозначения и сокращения

$\sigma_T$  – предел текучести;

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву;

$\delta_5$  – относительное удлинение;

$d_э$  – диаметр электродного стержня;

$j$  – допустимая плотность тока;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за данный проход;

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

$I_{св}$  – ток сварочной дуги;

$U_d$  – напряжение дуги;

$\eta_u$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

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

### Нормативные ссылки

1 ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность, гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;

2 ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах;

3 ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;

4 ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.

5 ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

6 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

### *Определения*

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Кабельная эстакада – это сооружение, позволяющее осуществить прокладку кабеля над землей, не повреждая и не нарушая целостности подземных коммуникаций.

## Содержание

Введение	15
1 Общая часть	16
1.1 Описание сварной конструкции	16
1.2 Материал сварной конструкции	17
1.3 Анализ существующих методов сварки	17
1.3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	17
1.3.2 Технология дуговой сварки в углекислом газе	19
1.4 Выбор сварочных материалов	22
1.4.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки	22
1.4.2 Выбор сварочных материалов для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом	24
2 Технология изготовления	26
2.1 Заготовительные операции	26
2.2 Расчет режимов сварки для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	27
2.3 Для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом	28
2.4 Источник питания для ручной дуговой сварки	35
2.5 Выбор источников питания дуги для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом	37
2.6 Последовательность сборки и сварки узлов кабельной эстакады	42
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	43
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	43
3.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования	44
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	45
3.2 Планирование технического проектирования работ	46
	13

3.2.1 Структура работ в рамках проектирования	46
3.2.2 Определение башкин трудоемкости выполнения период работ	49
3.2.3 Разработка проведения может технического проектирования	50
3.3 Определение норм времени на сварку	53
3.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки	60
3.4.1 Затраты на сварочные материалы	61
3.4.2 Затраты на защитный газ	62
3.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих	63
3.4.4 Затраты на отчисления на социальные цели	64
3.4.4 Затраты на электроэнергию	65
3.4.5 Затраты на ремонт оборудования	66
3.4.6 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва	68
Выводы по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
4 Социальная ответственность	70
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	70
4.2 Производственная безопасность .....	71
4.3 Экологическая безопасность.....	78
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	80
Выводы по разделу Социальная ответственность .....	81
Заключение	82
Список использованных источников	83
Приложение А Комплект технологической документации	85
Приложение Б Комплект чертежей	86

## Введение

В развитии машиностроения и других отраслях промышленности все большее значение приобретает сварочное производство. Технические и экономические преимущества сварки превратили ее в высокопроизводительный процесс, позволяющий при относительно небольших материальных и трудовых затратах достигать высоких технико-экономических показателей производства [1].

Развитие техники и технологии сварочного производства должно быть неразрывно связано с развитием экономики и организации производства на предприятии. Это требует соответствующей подготовки специалистов-руководителей сварочного производства. Инженеры-сварщики должны располагать соответствующими знаниями в области экономики, организации и планирования производства.

В настоящее время в России строится много новых кабельных эстакад для подвода энергии к жилым и промышленным объектам нефтегазодобывающих промыслов. При этом для ее изготовления используется в основном ручная электродуговая сварка покрытыми электродами.

Целью данного проекта является разработка технологии изготовления узлов кабельной эстакады с использованием механизированной сварки в углекислом газе и сборочно-сварочных приспособлений, что позволило бы ускорить работу, сделать процесс более дешевым и технологичным.

В данной ВКР предложена рассматривается технология сборки и сварки конструкции покрытия кабельной эстакады состоящей из балки, коньковых узлов и продольных уголков.

## 1 Общая часть

### 1.1 Описание сварной конструкции

Кабельная эстакада представляет собой протяженное открытое кабельное сооружение горизонтальной или наклонной формы, располагающееся над землей.

Сфера применения кабельных эстакад весьма обширна: они используются на предприятиях химической, нефтегазодобывающей, тяжелой промышленности, а также на объектах инфраструктуры, которые эксплуатируются в неблагоприятных климатических условиях (рисунок 1).



Рисунок 1 – Кабельная эстакада

Хотя возведение кабельных эстакад и является трудоемким процессом и требует затрат большого количества материалов, их значение трудно переоценить. При этом, в зависимости от поверхности, на которой будет установлена кабельная металлическая эстакада, используются различные варианты каркаса, который выполняется из металлических труб, бетонных столбов с металлическими элементами, либо из массивных двутавровых балок и швеллера. От правильно выбранной основы зависит безопасность всего объекта, на котором будет располагаться эстакада – важно, чтобы кабельная эстакада не

была перегружена. Также важно, чтобы результат строительства соответствовал таким основным показателям, как прочность, надежность, качество, а также долговечность [2].

## 1.2 Материал сварной конструкции

СтЗсп – это низкоуглеродистая сталь обыкновенного качества, поставляемая по ГОСТ 380-71 [3]. Сталь обыкновенного качества поставляется без термообработки в горячекатаном состоянии. Изготовленные из нее конструкции обычно не подвергаются последующей термообработки.

Механические свойства и химический состав стали СтЗсп представлены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1 – Механические свойства стали СтЗсп при температуре  $T=20\text{ C}^\circ$  [3]

Временное сопротивление $\sigma_{в}$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{т}$ , МПа для толщин до 20 мм	Относительное удлинение $\delta_5$ (%), для толщин до 20 мм
380-490	250	26

Таблица 2 – Химический состав стали СтЗсп [3]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	S	P
0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,05	до 0,04

Общие технологические свойства:

- свариваемость – без ограничений;
- склонность к отпускной способности – не склонна;
- флокеночувствительность – не чувствительна.

## 1.3 Анализ существующих методов сварки

### 1.3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

С помощью ручной дуговой сварки выполняется большой объем сварочных работ при производстве сварных конструкций. Наибольшее применение находит ручная дуговая сварка покрытыми электродами.

Вместе с металлическим стержнем плавится и электродное покрытие, образуя газовую защиту и жидкую шлаковую пленку на поверхности расплавленного металла. В связи с тем что большая часть теплоты выделяется на торце металлического стержня электрода, на его конце образуется коническая втулочка из покрытия, способствующая направленному движению газового потока. Это улучшает защиту сварочной ванны. По мере движения дуги сварочная ванна охлаждается и затвердевает, образуя сварной шов. Жидкий шлак также затвердевает и образует на поверхности шва твердую шлаковую корку, удаляемую после сварки. При этом способе выполняется газшлаковая защита расплавленного металла от взаимодействия с воздухом. Кроме того, шлаки позволяют проводить необходимую металлургическую обработку металла в ванне. Для выполнения функций защиты и обработки расплавленного металла покрытия электродов при расплавлении должны образовывать шлаки и газы с определенными физико-химическими свойствами. Поэтому для обеспечения заданного состава и свойств шва при выполнении соединений на разных металлах для сварки применяют электроды с определенным типом покрытий, к которым предъявляют ряд специальных требований [4].

При сварке покрытыми электродами перемещение электрода вдоль линии сварки и подачу электрода в зону дуги по мере его плавления осуществляют вручную. При этом возникают частые изменения длины дуги, что отражается на постоянстве основных параметров режима: напряжения дуги и силы сварочного тока. С целью поддержания более стабильного теплового режима в ванне при ручной дуговой сварке применяют источники питания с крутопадающими вольтамперными характеристиками.

Рациональная область применения дуговой сварки покрытыми электродами — изготовление конструкций из металлов с толщиной соединяемых

элементов более 2 мм при небольшой протяженности швов, расположенных в труднодоступных местах и различных пространственных положениях.

Достоинства:

- возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- 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.

Попытка автоматизировать сварку покрытыми электродами не увенчалась успехом. Невысокая производительность обусловлена малыми допустимыми значениями плотности тока. Для увеличения производительности используют сварку погружённой дугой, гребёнкой, пучком электродов или применяют электроды с железным порошком в покрытии [4].

### 1.3.2 Технология дуговой сварки в углекислом газе

Сварку в углекислом газе производят почти во всех пространственных положениях, что является важным качеством, необходимым при производстве строительно – монтажных работ. Сварку осуществляют при питании дуги постоянным током обратной полярности. При сварке постоянным током прямой полярности снижается стабильность горения дуги, ухудшается формирование шва и увеличиваются потери электродного металла на угар и разбрызгивание. Однако коэффициент наплавки в 1,6...1,8 раза выше, чем при токе обратной полярности. Это качество используют при наплавочных работах. Сварку можно

производить и на переменном токе при включении в сварочную цепь осциллятора. Источниками питания дуги постоянным током служат сварочные преобразователи постоянного тока с жесткой вольт-амперной характеристикой. Листовой материал из углеродистых и низколегированных сталей успешно сваривают в углекислом газе; листы толщиной 0,6...1,0 мм сваривают с отбортовкой кромок. Допускается также сварка без отбортовки, но с зазором между кромками не более 0,3...0,5 мм. Листы толщиной 1,0...8,0 мм сваривают без разделки кромок; при этом зазор между свариваемыми кромками не должен быть более 1 мм. Листы толщиной 8...12 мм сваривают V-образным швом, а при больших толщинах - X-образным швом. Перед сваркой кромки изделия должны быть тщательно очищены от грязи, краски, окислов и окалины. Наилучшие результаты дает сварка при больших плотностях тока, обеспечивающих более устойчивое горение дуги, высокую производительность процесса и снижение потерь металла на разбрызгивание до 8...12 %. Для этого при сварке в углекислом газе применяют электродную проволоку диаметром от 0,5 до 2,0 мм, что позволяет вести процесс сварки при плотности тока не менее 80 А/мм<sup>2</sup>.

Электродная проволока применяется из низкоуглеродистой стали с повышенным содержанием кремния и марганца марок Св-08ГС, Св-08Г2С. Поверхность электродной проволоки должна быть тщательно очищена от смазки, антикоррозионных покрытий, масла, ржавчины и других загрязнений, нарушающих устойчивость режима сварки. Режим сварки выбирается в зависимости от толщины свариваемых кромок. Величина сварочного тока и скорость сварки в значительной степени зависят от размеров разделки свариваемого шва, т. е. от количества наплавляемого металла. Чем больше размеры шва, тем меньше скорость сварки и тем больше величина сварочного тока. Напряжение устанавливается таким, чтобы получить устойчивый процесс сварки при возможно короткой дуге (1,5...4,0 мм). При большей длине дуги процесс сварки неустойчивый, увеличивается разбрызгивание металла, возрастает возможность окисления и азотирования наплавляемого металла.

Скорость подачи электродной проволоки зависит от сварочного тока и напряжения. Практически она устанавливается так, чтобы процесс протекал устойчиво при вполне удовлетворительном формировании шва и незначительном разбрызгивании металла [5].

Расход углекислого газа устанавливается таким, чтобы обеспечить полную защиту металла шва от воздействия атмосферного воздуха. Расстояние от торца мундштука горелки до сварного соединения должно быть при сварочных токах до 150 А в пределах 7... 15 мм, а при токах до 500 А в пределах 15...25 мм. Полуавтоматическую сварку можно вести углом вперед, перемещая горелку справа налево, и углом назад, перемещая горелку слева направо. При сварке углом вперед глубина проплавления меньше, наплавляемый валик получается широкий. Такой метод применяют при сварке тонкостенных изделий и при сварке сталей, склонных к образованию закалочных структур. При сварке углом назад глубина проплавления больше, а ширина валика несколько уменьшается. Угол наклона горелки относительно вертикальной оси составляет от 5 до 15 градусов. Перед началом сварки необходимо отрегулировать расход углекислого газа и только спустя 30...40 с возбудить дугу и приступить к сварке. Это необходимо, чтобы газ вытеснил воздух из шлангов и каналов сварочной горелки. Вылет электродной проволоки устанавливается при диаметре проволоки от 0,5 до 1,2 мм - в пределах 8...15 мм, а при диаметре проволоки от 1,2 до 3 мм - в пределах 15...35 мм.

В процессе сварки электроду сообщается такое движение, чтобы получилось хорошее заполнение металлом разделки свариваемых кромок и удовлетворительное формирование наплавляемого валика. Эти движения аналогичны движениям электрода при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Рекомендуется для снижения опасности образования трещин первый слой сваривать при малом сварочном токе. Заканчивать шов следует заполнением кратера металлом. Затем прекращается подача электродной проволоки и выключается ток. Подача углекислого газа на заваренный кратер

продолжается до полного затвердевания металла. При сварке в углекислом газе следует помнить об отравляющих действиях окиси углерода, выделяющейся при сварке. Поэтому при сварке в резервуарах и закрытых помещениях необходимо иметь хорошую вентиляцию свариваемых резервуаров и сварочных постов [5].

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050-85 [6]. Для сварки используют сварочную углекислоту высшего и первого сортов, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,037 и 0,184 г/см<sup>3</sup> при 20 °С 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 СО<sub>2</sub>, дающего при испарении 12,5 м<sup>3</sup> газа при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.). Баллон окрашен в черный цвет, надписи жёлтого цвета.

Для сварки нашей конструкции будем применять углекислый газ первого сорта. Это связано с меньшим содержанием водных паров в углекислом газе. Состав газа представим в таблице 3.

Таблица 3 – Состав углекислого газа (сорт первый) [6]

Газ	О <sub>3</sub> , %	N <sub>2</sub> , %	H <sub>2</sub> , %	СО <sub>2</sub> , %	углеводороды, %	Содержание водяных паров, %
углекислый	-	-	-	99,5	-	0,067

#### 1.4 Выбор сварочных материалов

##### 1.4.1 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки

В ГОСТ 9467-75 [7] приведено четырнадцать типов электродов для сварки конструкционных сталей. К данным типам электродов относятся также и

электроды для сварки низкоуглеродистых сталей. Принимаем для дальнейших расчетов сварочные электроды УОНИ-13/55.

Марка сварочные электроды УОНИ 13/55 предназначена для сварки особо ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости. Допускается сварка электродами УОНИ 13/55 во всех пространственных положениях шва постоянным током обратной полярности. По заключению независимых экспертов электроды УОНИ 13/55 самые высококачественные из всех отечественных и зарубежных производителей сварочных электродов.

Покрытие марки сварочных электродов УОНИ 13/55 – основное.

Коэффициент наплавки УОНИ 13/55 – 9,5 г/А·ч.

Производительность наплавки электродов (для диаметра 4,0 мм) – 1,4 кг/ч.

Расход электродов УОНИ 13/55 на 1 кг наплавленного металла – 1,7 кг.

Таблица 4 – Типичные механические свойства металла шва сварочных электродов УОНИ 13/55 [7]

Временное сопротивление электродов $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение электродов $d_5$ , %	Ударная вязкость $a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>
540	410	29	260

Таблица 5 – Типичный химический состав наплавленного металла марки сварочных электродов УОНИ 13/55, % [7]

С	Mn	Si	S	P
0,09	0,83	0,42	0,022	0,024

Самая высококачественная марка электродов УОНИ-13/55 из всех российских производителей. Электроды обеспечивают получение металла шва с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода.

Сварку электродов производят только на короткой длине дуги по очищенным кромкам. Прокалка УОНИ 13/55 перед сваркой: 250-300°C; 1 ч.

#### 1.4.2 Выбор сварочных материалов для сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

В качестве защитного газа для сварки низкоуглеродистых сталей с успехом может использоваться углекислый газ, аргон и гелий для этих целей применяют ограниченно.

Основной особенностью сварки плавящимся электродом является применение кремнемарганцовистой электродной проволоки с пониженным содержанием углерода, при использовании которой получают плотные беспористые швы, компенсируется выгорание кремния и марганца и при сварке низкоуглеродистой стали обеспечивается получение швов, имеющих оптимальный химический состав.

При сварке низкоуглеродистых сталей, согласно [2], следует применять электродную проволоку марки Св-08ГС или Св-08Г2С. На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При применении углекислого газа первого сорта по ГОСТ 8050-64 [6] и электродной проволоки указанных выше марок швы, как правило, получают плотные без пор.

Сварка в углекислом газе характеризуется высокой производительностью и низкой стоимостью; к недостаткам способа относится повышенное разбрызгивание металла, а также получения в некоторых случаях неравномерных по внешнему виду швов. К тому же необходимо учитывать некоторые металлургические особенности, связанные с окислительным действием углекислого газа. При высоких температурах сварочной дуги углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) диссоциирует на оксид углерода ( $\text{CO}$ ) и кислород ( $\text{O}_2$ ) который, если не принимать специальных мер, приводит к окислению свариваемого металла. Окислительное действие  $\text{O}_2$  нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей кремния и марганца.

Поэтому для сварки в  $\text{CO}_2$  широко применяют сварочные проволоки марок: Св-08ГС, Св-08Г2С (таблица 6).

Таблица 6 – Химический состав марок проволок Св-08ГС и Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) [8]

Марка проволоки	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	A
Св-08ГС	0,10	1,40-1,70	0,6-0,85	0,20	0,25	0,03	0,03	0,05
Св-08Г2С	0,11	1,8-2,10	0,7-0,95					

Согласно рекомендациям [2, 4], выбираем проволоку Св-08Г2С.

## 2 Технология изготовления

### 2.1 Заготовительные операции

Заготовительными операциями являются: правка, разметка деталей, наметка по шаблонам, резка, подготовка кромок, гибка заготовок, проделывание отверстий, вальцовка обечаек, термическая обработка заготовок если она необходима.

Подготовка кромок и поверхностей под сварку должна выполняться механической обработкой либо путем термической резки или строжки (кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой) с последующей механической обработкой (резцом, фрезой, абразивным инструментом). Глубина механической обработки после термической резки (строжки) зависит от марки стали и её чувствительности к термическому циклу резки (строжки).

Кромки деталей, подлежащих сварке, и прилегающие к ним участки должны быть очищены от окалины, краски, масла и других загрязнений [9].

Подготовленные к сборке кромки должны быть без вырывов, заусенцев, резких переходов и острых углов.

На данный момент нарезка заготовок конькового узла кабельной эстакады производится плазменным резаком или УШМ. Предлагается использовать более высокопроизводительный способ резки с использованием отрезной машины по металлу.

Отрезные электрические машины по металлу представляют собой станок, предназначенный для резки различных металлов и сплавов. Эти устройства широко используются как в небольших мастерских, так и на крупных производственных предприятиях. Отрезные машины обеспечивают очень качественный рез – ровный и гладкий, без заусенцев и зазубрин.

Выбираем в качестве отрезной машины Bosch GCO 2000.

Мощный 2000-ваттный двигатель с ограничителем пускового тока гарантирует высокую производительность, кроме того отличается проверенной

долговечностью. Надежный пружинно-рычажный механизм отлично приспособлен для высокоинтенсивных нагрузок.

Эффективный редукционный механизм обеспечивает скорость вращения 3500 оборотов в минуту. Модель оснащена практичным быстрым зажимом с плавной регулировкой скоса в диапазоне до 45 градусов. Кроме всего вышеперечисленного, модель еще и удобна в эксплуатации и транспортировке благодаря эргономичной рукоятке.

Практичный быстрый зажим с плавной регулировкой угла скоса в диапазоне до 45°.

Технические характеристики отрезной машины Bosch GCO 2000 приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики отрезной машины Bosch GCO 2000 [10]

Характеристики	GCO 2000 Professional
Производительность резания под прямым углом	180 x 85 мм
Производительность резания, четыре кромки	110 x 110 мм
Производительность резания, Г-образный профиль	130 x 130 мм
Число оборотов холостого хода	3500 мин <sup>-1</sup>
Диам. отрезного круга	355 мм
Отверстие отрезного круга	25,4 мм
Вес	18,0 кг

## 2.2 Расчет режимов сварки 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 [11]. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Рассчитаем основные типы соединений используемых в данном изделии, а именно стыковое, тавровое и нахлесточное соединения.

Все режимы на используемые типы соединений приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы РД сварки для используемых типов соединений

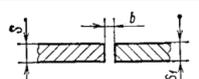
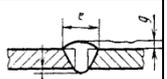
№	Тип соединения	F <sub>н</sub> , мм <sup>2</sup>	Катет, мм	Режимы сварки			
				I <sub>св</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , м/ч	α <sub>н</sub> , Г/А*ч
1	C8 - ГОСТ 5264-80	24	-	100	24	5,1	9,5
2	T1-  5 - ГОСТ 5264-80	16	5	100	24	7,6	9,5
3	H1-  5 - ГОСТ 5264-80	16	5	100	24	7,6	9,5

### 2.3 Для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом

#### Стыковое соединение типа C2

Конструктивные размеры сварного соединения типа C2 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Конструктивные размеры сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [12]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		s=s <sub>1</sub>	b		e	g		g <sub>1</sub>	
	подготавливаемых кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин	Пред. откл.		Номин	Пред. откл.	Номин	Пред. откл.
C2			6	0	±2	12	1,5	±0,5	1,5	±1

Найдем общую площадь поперечного сечения наплавленного металла. Площадь наплавки обычно находят как сумму площадей элементарных геометрических фигур:

$$F_n = b \cdot S + 0,75 \cdot g \cdot e + 0,75 \cdot g_1 \cdot e_1 = 1 \cdot 5 + 0,75 \cdot 1,5 \cdot 12 + 0,75 \cdot 1,5 \cdot 5 = 24 \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где  $S, b, e, g, h, \alpha$  – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

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

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g + g_1) = 0,73 \cdot 12 \cdot (5 + 1,5 + 1,5) = 70 \text{ мм}^2. \quad (2)$$

Находим площадь поперечного сечения проплавленного металла по формуле:

$$F_{np} = F - F_n = 70 - 24 = 46 \text{ мм}^2.$$

Толщина свариваемых пластин ( $S$ ) 5 мм, по рекомендациям [3], сварку выполняем в один прохода, следовательно, выбираем силу сварочного тока, обеспечивающую заданную глубину проплавления свариваемых пластин:

$$I_{св} = \frac{100 \cdot S}{k_h} = \frac{100 \cdot 5}{2,1} = 238 \text{ А}, \quad (3)$$

где  $k_h$  – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от условий проведения сварки [4], принимаем  $I_{св} = 240 \text{ А}$ .

Выбираем диаметр электродной проволоки. Ориентировочно он может быть определён по формуле:

$$d_{эл} = 2 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{\pi \cdot j}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{240}{3,14 \cdot 200}} = 1,2 \text{ мм}, \quad (4)$$

где  $j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>, принимаем  $d_{эл} = 1,2$  мм.

Определяем оптимальное напряжение дуги

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 240 \pm 1 = 28 \pm 1 \text{ В}, \quad (5)$$

принимаем напряжение  $U_d = 28$  В.

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_d}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 240) \cdot \frac{1,2 \cdot 28}{240} = 2,1. \quad (6)$$

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

Определим скорость сварки по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_n}, \quad (7)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при механизированных способах сварки в среде CO<sub>2</sub> воспользуемся следующей формулой:

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

где  $\psi$  – 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  $j$  в формулу (9), получим:

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

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления  $\alpha_p$  по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_э}{d_э^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{240} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 14 \text{ г/А} \cdot \text{ч}, \quad (10)$$

величину вылета электрода  $l$  принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [4].

Тогда коэффициента наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (8):

$$\alpha_n = 14 \cdot (1 - 0,126) = 12,2 \text{ э/А} \cdot \text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (7) получаем:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,24} \approx 0,43 \text{ см/с} = 15,6 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{14 \cdot 240}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10,6 \text{ см/с} = 381 \text{ м/ч}, \quad (11)$$

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода,  $\text{см}^2$ ;

$\gamma$  – плотность электродного металла,  $\text{г/см}^3$ .

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

$$H = 2 \cdot \sqrt{\frac{q}{\pi \cdot e \cdot c\rho \cdot T_{пл} \cdot \psi_{пр} \cdot V_{св}}} = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{пр}}}, \quad (12)$$

где  $q_i$  – погонная энергия;

$c\rho$  – объемная теплоемкость;

$T_{пл}$  – температура плавления.

Погонная энергия рассчитывается по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_u \cdot I_{св} \cdot U_d}{V_{св}} = \frac{0,8 \cdot 240 \cdot 28}{0,43} = 12502 \text{ Дж/см}, \quad (13)$$

где  $\eta_u$  – эффективный коэффициент полезного действия нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе составляет 0,8...0,84, принимаем  $\eta_u = 0,8$ , и подставим полученные значения в формулу (12):

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{12502}{2,1}} = 0,58 \text{ см}$$

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

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

$$e = \psi_{np} \cdot H = 2,1 \cdot 0,58 = 1,2 \text{ см.} \quad (14)$$

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

$$q = e / \psi_6 = 1,2 / 10 = 0,12 \text{ см.,} \quad (15)$$

Проверяем площадь наплавки по формуле (1):

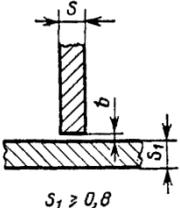
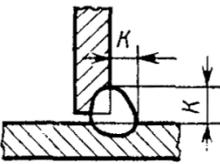
$$F_n = 1 \cdot 5 + 0,75 \cdot 1,2 \cdot 12 + 0,75 \cdot 1,2 \cdot 5 = 20 \text{ мм}^2.$$

Полученная площадь наплавки, полученная на подобранных режимах, практически не отличается по значению от той, которую рассчитали по рекомендациям, следовательно, используемые режимы наиболее оптимальны для данного соединения.

### Расчет таврового соединения типа Т1

Конструктивные размеры сварного соединения типа Т1 приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [12]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
Т1	 $s_1 \geq 0,8$		ИНп, ИП, УП	3,2 – 5,5	0	+ 1,0

Зная катет шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле:

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{5^2}{2} = 12,5 \text{ мм}^2, \quad (16)$$

где  $k$  – катет углового шва.

Силу сварочного тока  $I_{св}$  рассчитаем по формуле (3):

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 150 = 170 \text{ А},$$

принимаем  $I_{св} = 170 \text{ А}$ .

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_d = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_s}} \cdot I_{св} \pm 1 = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 170 \pm 1 = 25 \pm 1 \text{ В}, \quad (17)$$

принимаем напряжение, согласно рекомендации [4],  $U_d = 24 \text{ В}$ .

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_s \cdot U_d}{I_{св}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 170) \cdot \frac{1,2 \cdot 24}{170} = 2,7. \quad (18)$$

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

Определим скорость сварки по формуле:

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

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки.

Для определения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при механизированных способах сварки в среде  $\text{CO}_2$  воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (20)$$

где  $\psi$  – коэффициент потерь, который определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (21)$$

Подставим известные значения плотности тока  $j$  в формулу (21), получим:

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

Для того чтобы определить коэффициент наплавки нам необходимо рассчитать коэффициент расплавления  $\alpha_p$  по формуле:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_9^2} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{170} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,26 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}, \quad (22)$$

величину вылета электрода  $l$  принимаем 1,5 см, согласно рекомендации [4].

Тогда коэффициента наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (20):

$$\alpha_n = 13,26 \cdot (1 - 0,126) = 11,6 \text{ } \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}.$$

Скорость сварки по формуле (7) получаем:

$$V_{св} = \frac{11,6 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} \approx 0,56 \text{ см/с} = 20 \text{ м/ч},$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}} = \frac{13,26 \cdot 170}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 7 \text{ см/с} = 255 \text{ м/ч}, \quad (23)$$

где  $F_{эл}$  – площадь поперечного сечения электрода, см<sup>2</sup>;

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

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

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{пр}}} \quad (24)$$

где  $q_n$  – погонная энергия сварочной дуги, Вт;

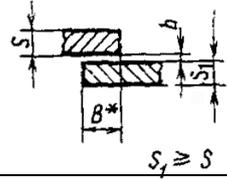
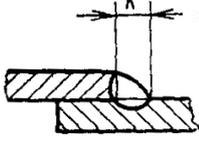
$\Psi_{пр}$  - коэффициент формы провара.

$$H = 0,0076 \cdot \sqrt{\frac{5829}{2,7}} = 0,35$$

Расчет нахлесточного соединения типа Н1

Конструктивные размеры сварного соединения типа Н1 приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [12]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	$s$	$b$		В
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.	
Н1			ИП, УП	2,2 – 5,0	0	+ 1,0	3,0- 20

Расчет нахлесточного соединения аналогичен тавровому, поэтому принимаем режимы сварки полученные в предыдущем разделе.

Все режимы на используемые типы соединений приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Режимы механизированной сварки в углекислом газе для используемых типов соединений

№	Тип соединения	$F_n$ , мм <sup>2</sup>	Катет, мм	Режимы сварки				
				$I_{св}$ , А	$U_0$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$V_{пл}$ , м/ч	$\alpha_n$ , г/Ач
1	С2 - ГОСТ 14771-76	24	-	240	27	15,6	381	12,2
2	T1-5 - ГОСТ 14771-76	12,5	5	170	24	20	255	11,6
3	H1-5 - ГОСТ 14771-76	12,5	5	170	25	20	255	11,6

#### 2.4 Источник питания для ручной дуговой сварки

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

а) обеспечивать необходимую для процесса сварки силу тока дуги и напряжение дуги;

б) иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;

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

На территории предприятия в качестве сварочного оборудования используют многопостовые сварочные выпрямители типа ВДМ-1201, поэтому в качестве основных источников питания для сварки принимаем именно их.

#### Сварочный выпрямитель ВДМ-1201

Достоинства многопостового сварочного выпрямителя ВДМ-1201 (рисунок 2):

- контроль сварочного тока и напряжения осуществляется с помощью амперметра и вольтметра, расположенных на лицевой панели;

- высокое качество сварки, простота конструкции и надежность;

Область применения сварочного выпрямителя ВДМ-1201:

- сварочные работы в строительстве и энергетике.



Рисунок 2 – Сварочный выпрямитель ВДМ-1201 [13]

Многопостовый сварочный выпрямитель ВДМ-1201 – стационарный, предназначен для одновременного питания постоянным током восьми сварочных постов ручной дуговой сварки. Сварка производится электродами любых типов - сварочными электродами постоянного тока (УОНИИ-13/55 или УОНИ-13/55), универсальными электродами (АНО-4С, МР-3, ОЗС-12) и специальными электродами.

Вольт-амперная характеристика сварочного выпрямителя ВДМ-1201 – жесткая. Получение падающей внешней характеристики и регулировка

сварочного тока каждого поста осуществляется реостатом балластным (РБ-302, РБ-306), поставляемым отдельно.

Сварочный выпрямитель ВДМ-1201 состоит из силового трехфазного трансформатора, блока выпрямления, вентилятора, пусковой аппаратуры. Технические характеристики ВДМ-1201 приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики ВДМ-1201 [13]

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	380
Номинальный сварочный ток, А	1250
Номинальный сварочный ток поста, А	315
Коэффициент одновременности работы постов, не более	0,5
Количество сварочных постов, не более	8
Потребляемая мощность, кВА, не более	93
Продолжительность включения (ПВ), %	60
Напряжение холостого хода, В, не более	80
Выпрямленное напряжение на зажимах выпрямителя при номинальном напряжении сети и номинальном сварочном токе, В	59-62
Диаметр электрода	2,0-6,0
Охлаждение	воздушное принудительное
Габаритные размеры ДхШхВ, мм	900х670х750
Масса, кг	330

## 2.5 Выбор источников питания дуги для сварки в среде углекислого газа плавящимся электродом

В настоящее время, в качестве источников питания дуги для сварки в среде углекислого газа применяются выпрямители с жесткими внешними характеристиками.

Для сварки в среде защитных газов рассмотрим полуавтоматы Сварог MIG 350 (J1601) и EWM TAURUS 351.

Промышленный сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601) выносным 4-х роликовым проволокоподающим механизмом под кассету 15 кг. Инверторный сварочный аппарат, предназначенный для полуавтоматической сварки в среде защитного газа (MIG / MAG).

Аппарат построен на базе IGBT транзисторов нового поколения по современной инверторной схеме. Данная технология позволяет получать максимальную мощность и длительное включение аппарата при его минимальных размерах и массе. Аппарат имеет дополнительные функции такие как прогон проволоки, дожигание сварочной проволоки и пр. позволяющие более комфортно качественно и безопасно работать на нем.

Практичный и мобильный сварочный полуавтомат MIG 350 изготавливается в декомпактном исполнении, в корпусе с выносным 4-х роликовым подающим устройством. Электронная схема управления включает в себя уникальную систему контроля сварочных динамических характеристик; обеспечивает стабильность горения дуги, низкий уровень разбрызгивания металла, прекрасную форму шва, высокую эффективность сварки. Компоновка аппарата позволяет увеличивать радиус его действия не передвигая источник питания, выносная ось катушки позволяет применять сварочную проволоку в евро катушках до 15.

Особенности:

- мягкий старт;
- функция 2/4 такта;
- цифровая индикация параметров;
- надежный 4-х роликовый подающий механизм;
- плавная регулировка сварочного тока и напряжения;
- холостая протяжка проволоки, продувка газа;
- дожигание сварочной проволоки;

- замкнутая система обратной связи;
- встроенный блок стабилизации напряжения;
- размер и вес, экономичный и практичный;
- надежность в работе, удобство в эксплуатации и сервисном обслуживании.

Технические характеристики Сварог MIG 350 (J1601) приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики Сварог MIG 350 (J1601) [13]

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питающей сети, В	380±15%
Потребляемая мощность, кВА	14
Диапазон регулирования сварочного тока в среде защитных газов, А	50–350
Частота питающей сети, Гц	50/60
Диапазон рабочего напряжения, В	15-36
Номинальное напряжение, В	27
Скорость подачи проволоки, м/мин.	1,5–18
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,0–1,2
Расположение подающего устройства / катушки	выносное / снаружи
Рекомендуемый минимальный ток предохранителя, А	40
ПВ, %	60
КПД, %	85
Коэффициент мощности	0,93
Класс изоляции	F
Степень защиты	IP21
Вес, кг	29
Габаритные размеры, мм	570×285×470
Цена, руб	71000

Сварочный полуавтомат EWM TAURUS 351 обеспечивает стандартную сварку MIG/MAG высочайшего качества.

Особенности:

Оптимально для широкого круга задач. Воспроизводимые результаты сварки и малое образование брызг благодаря полностью цифровой технологии сварочных аппаратов

EWM-forceArc - сокращение длительности производственных операций и повышение качества благодаря применению дуги увеличенной мощности - сокращение производственных расходов до 50%

Интуитивно понятное управление, доступное для каждого - возможность выбора среди разных концепций управления

Максимальная мобильность: легкость перемещения благодаря большим колесам проходит через стандартные двери, легкость погрузки и разгрузки благодаря одинаковой ширине колеи колес, пригоден для погрузки краном или штабелеукладчиком.

Многофункциональная и эргономичная концепция ручек: удобство работы, практичный держатель для пакета шлангов, защита от ударов и столкновений.

Продуманная конструкция корпуса с улучшенными воздуховодами для увеличения продолжительности включения и электронным управлением вентилятора для снижения количества загрязнений в аппарате.

Подходит для роботизированного, промышленного и механизированного применения, а также документирования благодаря опциональным интерфейсам.

Мощная система охлаждения горелки с центробежным насосом, радиатор увеличенной площади с большим баком (12 литров).

Исполнение в версии Multi-voltage - оптимально для стран со специфическим сетевым напряжением (3x230 В / 3x400 В / 3x480В).

Области применения:

Низкоуглеродистые, низко- и высоколегированные стали, алюминиевые сплавы, медь и сплавы на ее основе, специальные сплавы.

Сплошные и порошковые проволоки (0,8-2,4 мм), покрытые электроды: рутиловые, основные.

Производственные и ремонтные работы: химическая и пищевая промышленность, машиностроение и производство промышленных установок, автомобилестроение, вагоностроение, судостроение, производство резервуаров и контейнеров, возведение стальных конструкций, прибрежных сооружений.

Технические характеристики EWM TAURUS 351 приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики EWM TAURUS 351 [13]

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Сетевое напряжение, В	3 x 400 V (-25 % - +20 %)
Диапазон регулирования сварочного тока, А	5-350
Частота тока в сети, Гц	50/60
Сетевой предохранитель (плавкий инерционный предохранитель), А	3 x 25
Максимальная потребляемая мощность, кВА	15
Рекомендуемая мощность генератора, кВА	20,3
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,5 - 24
Класс изоляции	Н
Класс защиты	IP 23
Габариты аппарата	1100 x 455 x 1000
Габариты механизма подачи	690 x 300 x 410
Вес, кг	125
Производитель	EWM, Германия
Цена, руб	166000

Выбираем сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601), т.к. он значительно дешевле, чем EWM TAURUS 351.

## 2.6 Последовательность сборки и сварки узлов кабельной эстакады

Технология сборки и сварки узлов кабельной эстакады приведена в комплекте технологической документации в приложении А.

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологического процесса изготовления узлов кабельной эстакады с использованием механизированной сварки в углекислом газе и сборочно-сварочных приспособлений.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках технического проекта;
- определить трудоемкость выполненной работы и составить диаграмму Ганта для проекта;
- рассчитать смету технического проекта.

#### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Оценка коммерческого потенциала разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения технического проектирования и коммерциализации его результатов. Это важно для того чтобы представлять состояние и перспективы проводимого технического проектирования.

Проведение оценки потенциала будущего продукта необходимо осуществлять на каждой стадии технического проектирования, и каждый раз подход к оценке сугубо индивидуален. Постоянный мониторинг соответствия полученной оценки технологии и тенденций развития отрасли или продукта,

поиск новых ниш для использования и реализации нового продукта или технологии - залог снижения риска опоздания с выходом на рынок и других рисков.

### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования

Для того чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование (Таблица 15).

Таблица 15 – Сегментирование рынка

		Показатель		
		Низкий показатель	Средний показатель	Высокий показатель
Технологические показатели качества сварного соединения	Качество сварного шва	3	2	1
	Скорость сварки	2, 3	2	1
	Возможность автоматизации сварки	3	2	1, 2

- 1- Механизованная сварка в защитном газе;
- 2- Ручная аргонно-дуговая сварка;
- 3- Ручная дуговая сварка.

Суть работы заключается в разработке процесса механизированной сварки в защитном газе сплошной проволокой узлов кабельной эстакады.

Результат сегментирования показал, что уровень конкуренции низок. Механизованная сварка в защитном газе, как видно из сегментирования, хороший способ сварки, который может получать качественные сварные соединения.

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления кабельных эстакад: ручная дуговая и механизированная в защитном газе плавящимся электродом.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации. Позиция разработки и конкурентов оценивается баллами по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (25)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
1. Удобство в применении	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Возможности проекта	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
3. Универсальность	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
4. Эффективность применения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 16

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,5	0,3
2. Уровень проникновения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Квалифицированные кадры	0,05	5	5	5	0,3	0,3	0,3
Итого	1	38	36	35	4,35	4,0	3,95
<p><i>Примечание:</i></p> <p><math>B_{\phi}</math> – механизированная сварка в среде защитных газов;</p> <p><math>B_{\kappa 1}</math> – аргонно-дуговая сварка;</p> <p><math>B_{\kappa 2}</math> – ручная дуговая сварка.</p>							

Опираясь на полученные данные, можно судить, что модернизированная технология, рассмотренная в ВКР, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТПП.

### 3.2 Планирование технического проектирования работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных работ.

#### 3.2.1 Структура работ в рамках проектирования

Для выполнения научно-технической работы была сформирована рабочая группа в составе: научного руководителя (к.т.н., доцент) и студента.

В рамках проведения научного исследования, в данном разделе был составлен перечень этапов:

1. Составление и утверждение темы проекта - определение задачи и цели научной работы, отражающих сущность и характер работ;

2. Календарное планирование работ - устанавливает логическую последовательность, очередность и сроки выполнения отдельных этапов работы и их контроля;

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

4. Поиск и изучение материала по теме - выбор научных и методических источников по проблеме;

5. Выбор направления исследований - формулирование идеи решения научно-технической задачи, и определение оптимального варианта выполнения работ;

6. Изучение литературы по теме–изучение научных и методических источников по проблеме;

7. Подбор нормативных документов – выбор нормативных документов регламентирующих выполнение работ по данной теме;

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

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

10. Изучение результатов - изучение экспериментальных образцов, определение полученных в ходе сварки дефектов;

11. Анализ результатов - подведение итогов и обобщение результатов научно-технической работы, сопоставление результатов анализа научно-информационных источников и экспериментальных исследований, выпуска

обобщенной отчетной научно-технической документации по НТР, оценки эффективности полученных результатов;

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

13. Защита ВКР.

Произведено распределение исполнителей по видам работ.

Полученные данные приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель, студент
	2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент
Основной этап	3	Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии сборки и сварки кабельной эстакады.	Студент
	4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	5	Проектирование приспособлений для сварки.	Студент
	6	Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент

### Продолжение таблицы 17

Заключительный этап	7	Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент
	8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент
	9	Подготовка к защите ВКР.	Студент

### 3.2.2 Определение башкин трудоемкости выполнения период работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (26)$$

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

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

$t_{maxi}$  – 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  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

### 3.2.3 Разработка проведения может технического проектирования

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

На основе таблицы 18 строится календарный план-график (таблица 19). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

Таблица 18 – Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$
		$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Составление и утверждение темы ВКР;</li> <li>- Составление и утверждение технического задания;</li> <li>- Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.</li> </ul>	Научный руководитель	1	1	1	1
	Студент	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор марки стали;</li> <li>- оценка свариваемости стали;</li> <li>- выбор способа сварки;</li> <li>- подбор сварочного оборудования и материалов;</li> <li>- расчет параметров режима сварки;</li> <li>- разработка технологии сборки и сварки кабельной эстакады</li> </ul>	Студент	25	30	27	27

Продолжение таблицы 18

Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Проектирование приспособлений для сварки.	Студент	20	23	21,2	21,2
Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент	12	15	13,2	13,2
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Студент	2	3	2,4	2,4
	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4

Таблица 19 – Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Три	Продолжительность выполнения работы, календарные дни																	
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	- Составление и утверждение темы ВКР;	Научный руководитель	1	■																	
	- Составление и утверждение технического задания;	Студент	1	□																	
2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	12	▬																	
3	Выполнение технологической части работы.	Студент	27		▬																
4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	1						■												
		Студент	2,4						▬												
5	Проектирование приспособлений для сварки.	Студент	21,2							▬											
6	Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель	2										▬								
		Студент	2,4											▬							
7	Выполнение других разделов.	Студент	13,2										▬								
8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	12													▬					
9	Подготовка к защите ВКР.	Студент	2,4															□			
		Научный руководитель	2,4															■			

▬ – Студент    ▬ – Научный руководитель

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине февраля. По графику видно, что выполнение технологической части работы, самая продолжительная часть и составляет 27 рабочих дней. Такие работы как, составление и утверждение темы ВКР, согласование выполненной технологической части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Защита работы в середине июня.

### 3.3 Определение норм времени на сварку

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств в производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Нормирование механизированной и ручной дуговой сварки проводим по методике, изложенной в [7]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения (таблица 20).

Таблица 20 – Основное время для сварки в среде защитных газах и ручной дуговой сварки (на один стык)

Исходные данные	Сравниваемые способы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе
Скорость сварки, м/ч		
Стыковое	19	13,2
Тавровое Δ2	33	85
Тавровое Δ4	8,7	21

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}} \quad (27)$$

где  $V_{св}$  - скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для РДС:

$$t_{01} = \frac{60}{19} + \frac{60}{33} + \frac{60}{8,7} = 11,9 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для механизированной сварки:

$$t_{01} = \frac{60}{21} + \frac{60}{85} + \frac{60}{21} = 6,7 \text{ мин}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 5,2 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 44 %.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{в.ш}$ ,  $t_{в.шз}$  (таблица 21), а также коэффициента  $k_{об}$  получены из [16].

Таблица 21 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	-	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,7	0,4
Осмотр и промер шва	0,37	0,3
Смена электродов	0,25	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку автомата	-	0,1
Подтягивание проводов	-	0,25
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого прохода	0,6	-
Возврат сварщика в исходное положение	-	0,15
Откусывание огарков проволоки	-	0,1
Итого	2,2	1,9

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,3 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 14 %.

Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	-	2,7
Установка, снятие и транспортировка изделия	4	4
Закрепление, открепление	-	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	0,2	-
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	4,41	7,41

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между РДС и механизированной сваркой, составляет 3 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 40 %.

Подготовительно-заключительное время для механизированной сварка и РД сварки определяется по таблице 23.

Таблица 23 – Подготовительно-заключительное время для механизированной сварка и РД сварки

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
Время на партию, мин				
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0
4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Для механизированной сварки  $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$  мин;

Для РДС  $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$  мин.

Разница в подготовительно-заключительном времени между РДС и механизированной сваркой, составляет 9 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 45 %.

Основные значения для расчета штучного времени приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Определение штучного времени

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$t_0$ – основное время на сварку, мин/м	11,9	8,2

Продолжение таблицы 24

$t_{в.ш.}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,22	1,9
$l$ – общая длина швов	$l_1 = 12,848; l_2 = 13,767; l_3 = 0,8;$	
$t_{в.и.}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	4,41	7,41
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные потребности	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{ви}) \cdot l + t_{вш}] \cdot K_{об}, \quad (28)$$

где  $t_0$  - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{вш}$  - вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

$l$  - протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$  - вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$k_{об}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для РДС:

$$T_{шт1} = [(3,2 + 2,22) \cdot 12,848 + 4,41] \cdot 1,1 = 81,5 \text{ мин};$$

$$T_{шт2} = [(1,8 + 2,22) \cdot 13,767 + 4,41] \cdot 1,1 = 65,7 \text{ мин};$$

$$T_{шт3} = [(6,9 + 2,22) \cdot 0,8 + 4,41] \cdot 1,1 = 12,9 \text{ мин}.$$

Общее штучное время:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} = 81,5 + 65,7 + 12,9 = 160 \text{ мин}.$$

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{шт1} = [(3 + 1,9) \cdot 12,848 + 7,41] \cdot 1,12 = 79 \text{ мин};$$

$$T_{шт2} = [(0,7 + 1,9) \cdot 13,767 + 7,41] \cdot 1,12 = 48,4 \text{ мин};$$

$$T_{шт3} = [(3 + 1,9) \cdot 0,8 + 7,41] \cdot 1,12 = 12,7 \text{ мин}.$$

Общее штучное время:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} = 79 + 48,4 + 12,7 = 140 \text{ мин}.$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 20 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 13 %.

Основные значения для расчета количества свариваемых кабельных эстакад за смену приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Количество свариваемых кабельных эстакад за смену

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	160	140

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}} \quad (29)$$

где  $T_{см}$  - продолжительность одной рабочей смены, ч

$T_{шт}$  – штучное время, мин

Подставляем значения в формулу (29) и получаем для РДС:

$$n = \frac{8 \times 60}{160} \approx 3 \text{ шт}.$$

Подставляем значения в формулу (29) и получаем для механизированной сварки:

$$n = \frac{8 \times 60}{140} \approx 3 \text{ шт}.$$

Разница в размере партии между РДС и механизированной сваркой отсутствует.

Основные значения для расчета штучно-калькуляционного времени приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{шт}$ – штучное время	160	140
$t_{п.з.}$ – подготовительно – заключительное время	13	20
n – количество смен	3	3

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле:

$$T_{шт} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n} \quad (29)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$  – подготовительно заключительное время

n – размер партии

Подставляем значения в формулу (29) и получаем для РДС:

$$T_{шт} = 160 + \frac{13}{3} = 164 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (29) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{шт} = 140 + \frac{20}{3} = 147 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %.

Основные значения для расчета массы наплавленного металла шва приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
F – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>		
C2	4,5	8
T1-Δ2	2,6	2
T1-Δ4	10	8
l – длина шва, м	l <sub>1</sub> = 12,848; l <sub>2</sub> = 13,767; l <sub>3</sub> = 0,8	
γ - плотность наплавленного металла	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma \quad (30)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

l – длина шва, м;

γ - плотность наплавленного металла.

Подставляем значения в формулу (30) и получаем для РДС:

$$G_{n1} = 4,5 \times 12,848 \times 7,8 = 451 \text{ г};$$

$$G_{n2} = 2,6 \times 13,767 \times 7,8 = 279 \text{ г};$$

$$G_{n3} = 10 \times 0,8 \times 7,8 = 62 \text{ г};$$

$$G_{\text{общ}} = 0,8 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (30) и получаем для механизированной сварки:

$$G_{n1} = 8 \times 12,848 \times 7,8 = 801 \text{ г};$$

$$G_{n2} = 2 \times 13,767 \times 7,8 = 215 \text{ г};$$

$$G_{n3} = 8 \times 0,8 \times 7,8 = 50 \text{ г};$$

$$G_{\text{общ}} = 1,1 \text{ кг.}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,3 кг, что в процентном соотношении дает увеличение массы на 27 %.

### 3.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат [20].

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- Сварочные материалы;
- Защитный газ;
- Основная зарплата;
- Социальные цели;
- Электроэнергия;
- Ремонт оборудования.

### 3.4.1 Затраты на сварочные материалы

Затраты на сварочные материалы приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизованная сварка
$g_{nm}$ - масса наплавленного металла, кг/изд	0,792	1,066
$k_n$ - коэффициент, учитывающий отношение веса проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$\Pi_{см}$ – цена электродов, руб/кг сварочной проволоки, руб/кг	135	80,5

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{см} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{см} \quad (31)$$

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

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

$Ц_{см}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг

Подставляем значения в формулу (31) и получаем для РДС:

$$C_{см} = 0,792 \times 135 \times 1,6 = 171 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (31) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{см} = 1,066 \times 80,5 \times 1,08 = 73 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и механизированной сваркой, составляет 98 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 57 %.

### 3.4.2 Затраты на защитный газ

Затраты на защитный газ приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная сварка
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	10
$t_0$ - основное время на сварку, мин/м	-	$t_{01} = 3$ $t_{02} = 0,7$ $t_{03} = 3$
$l$ - длина сварного шва, м/издел	-	$l_1 = 12,848;$ $l_2 = 13,767;$ $l_3 = 0,8$
$Ц_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{газ} \quad (32)$$

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

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

$l$  - длина сварного шва, м/издел

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

Подставляем значения в формулу (32) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{газ} = 0,033 \times 10 \times ((3 \times 12,848) + (0,7 \times 13,767) + (3 \times 0,8)) = 17 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

### 3.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Затраты на заработанную плату рабочих приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	30000	30000
$F_{мп}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мп} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	164	147

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60} \quad (33)$$

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

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

$t_{штк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для РДС:

$$C_3 = \frac{30000 \times 164}{172 \times 60} = 477 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для механизированной сварки:

$$C_3 = \frac{30000 \times 147}{172 \times 60} = 427 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и механизированной сваркой, составляет 50 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 11 %.

#### 3.4.4 Затраты на отчисления на социальные цели

Отчисления на социальные цели приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30 %	30 %
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих	477	427

Определение затрат на отчисления на социальные цели производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100} \quad (34)$$

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

$C_3$  – Затраты на заработанную плату рабочих

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 477}{100} = 143 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 427}{100} = 128 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления на социальные цели между РДС и механизированной сваркой, составляет 15 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 11 %.

#### 3.4.4 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$U$ – напряжение, В	23	23
$I$ – сила тока, А	80	120
$t_o$ - основное время сварки, мин/м	$t_{01} = 3,2$ $t_{02} = 1,8$ $t_{03} = 6,9$	$t_{01} = 3$ $t_{02} = 0,7$ $t_{03} = 3$
$l$ – длина сварного шва, м/изд	$l_1 = 12,848$ ; $l_2 = 13,767$ ; $l_3 = 0,8$ ;	
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
$\text{Ц}_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,4	5,4

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл} \quad (35)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

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

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$\Pi_{эл}$  – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{5,4}{0,8 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 80 \times 3,2 \times 12,848) + (23 \times 80 \times 1,8 \times 13,767) + (23 \times 80 \times 6,9 \times 0,8)) = 15 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{эм} = \frac{5,4}{0,85 \times 60 \cdot 1000} \times ((23 \times 120 \times 3 \times 12,848) + (23 \times 120 \times 0,7 \times 13,767) + (23 \times 120 \times 3 \times 0,8)) = 15 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 0 руб, что в процентном соотношении не дает изменения затрат.

### 3.4.5 Затраты на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$\Pi_j$ – цена оборудования соответствующего вида	6860	114212
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25

Продолжение таблицы 33

$t_{шк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	164	147
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2015 при 8 часовом р. д.)	1970	1970
$k_3$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60} \quad (36)$$

где  $\Pi_j$  – цена оборудования соответствующего вида;

$k_{рем}$  – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

$t_{шк}$  – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

$F_{ГО}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{6860 \cdot 0,25 \cdot 164}{1970 \cdot 0,8 \cdot 60} = 3 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для механизированной сварки:

$$C_p = \frac{114212 \cdot 0,25 \cdot 147}{1970 \cdot 0,8 \cdot 60} = 44 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 41 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 93 %.

### 3.4.6 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Результаты расчетов по основным затратам и расчет себестоимости приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Результаты расчетов

Наименование	РДС	Механизированная сварка	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Сварочная проволока	-	171	-171
Электроды	73	-	+73
2. Защитный газ	-	17	-17
3. Основная зарплата	477	427	+50
4. Социальные цели	143	128	+15
5. Электроэнергия	10	10	0
6. Ремонт	3	44	-41
Итого	804	699	+105

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия между РДС и механизированной сваркой, составляет 105 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 %.

Выводы по разделу Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проведен технико-экономический анализ процесса изготовления кабельной эстакады ручной дуговой сваркой и механизированной сваркой в среде углекислого газа.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 17 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %.

По затратам на сварку изделия выгодна механизированная сварка. Она обходится дешевле на 105 руб.

Можно сделать вывод, что применение механизированной сварки в среде углекислого газа экономически оправдано.

#### 4 Социальная ответственность

В разделе социальная ответственность анализируется процесс сварки узлов кабельной эстакады с точки зрения возможности возникновения негативных воздействий на человека и окружающую среду в процессе изготовления конструкции.

Актуальность работы заключается в замене способа электродуговой сварки покрытыми электродами на более современный способ механизированной сварки в среде защитных газов плавящимся электродом сплошного сечения.

Общая площадь строительной площадки на которой ведутся строительные работы составляет 30000 м<sup>2</sup>. Протяженность кабельной эстакады по участку составляет 200 м. Рабочее место на сварочном участке, составляет 150 м<sup>2</sup>. Климатическая зона - Томская область. Местность равнинная. Климат умеренный.

Объектом исследования является технология сборки и сварки узлов кабельной эстакады

В качестве основного сварочного оборудования применяется сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601) в количестве 1 шт.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне

- сборка;
- сварка.

##### 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Проектирование кабельных эстакад расположенных на территории промышленных предприятий должно производиться согласно СП 43.13330.2012.

Подготовка и производство работ по строительству новых, а также при реконструкции и капитальном ремонте действующих кабельных эстакад, в том числе: электрических подстанций, распределительных пунктов, воздушных

линий электропередачи и кабельных линий напряжением до 220 кВ, релейной защиты, силового электрооборудования, внутреннего и наружного электрического освещения, заземляющих устройств должно производиться согласно СП 76.13330.2016.

Согласно ГОСТ 14771-76 устанавливаются основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей, выполняемых дуговой сваркой в защитном газе.

Сварочные работы осуществляются на объекте, расположенном на краю города в промышленной зоне. Рабочий день начинается в 8.00 и заканчивается в 17.00, перерыв на обед с 12.00 до 13.00. Оплата труда сварщика почасовая. Все сотрудники имеют полис дополнительного медицинского страхования, а так же специальное питание за вредные условия труда.

## 4.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование сварочного полуавтомата Сварог MIG 350 (J1601) и механизированной сваркой в среде углекислого газа, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть возможные вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

### 4.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для идентификации факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [8]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для анализируемой производственной среды представлен в виде таблицы 35.

Таблица 35 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте на сварочном участке

№ п/п	Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [8]	Нормативные документы
1	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	Внутренние инструкции предприятия по технике безопасности и охране труда
2	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Внутренние инструкции предприятия по технике безопасности и охране труда
3	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго России) (7-ое издание);
4	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016
5	Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности
6	Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. вибрационная безопасность. общие требования
7	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
8	Монотонность труда, вызывающая монотонию	Трудовой кодекс; постановление Правительства РФ «О правилах разработки и утверждения типовых норм труда» от 11.11.2002 г. № 804

## Продолжение таблицы 35

9	Длительное сосредоточенное наблюдение	Трудовой кодекс; постановление Правительства РФ «О правилах разработки и утверждения типовых норм труда» от 11.11.2002 г. № 804
---	---------------------------------------	---

### 4.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

#### 1 Высокая температура материальных объектов

Источник возникновения фактора: искры и брызги расплавленного металла из зоны сварки.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: местные ожоги.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: определяются внутренними инструкциями предприятия по технике безопасности и охране труда.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ.

## 2 Неподвижные режущие объекты

Источник возникновения фактора: УШМ.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: рваные раны.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: определяются внутренними инструкциями предприятия по технике безопасности и охране труда при работе с электроинструментом.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: использование защитного кожуха для режущего электроинструмента. Использование защитных масок, перчаток и фартука.

## 3 Электробезопасность

Источник возникновения фактора: сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601), УШМ.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: электрические ожоги; электрические знаки; металлизация кожи; механические повреждения; электроофтальмия; электрический удар.

Допустимые нормы с необходимой размерностью:

Меры безопасности при работе и обслуживании аппаратуры согласно ПУЭ [1]:

- обязательное заземление всех блоков аппаратуры с помощью кабелей заземления, которыми комплектуется аппаратура;
- места подключения заземления должны быть обозначены знаками;
- величина сопротивления контура заземления не должна превышать 4 Ом;
- пересечение контура заземления должно быть не менее 80 мм<sup>2</sup>.

В нашем случае участок сварки относится к первой группе электробезопасности.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих:

Основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ: изолирующие штанги,

изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент.

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

#### 4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Источник возникновения фактора: отсутствие солнечного света в темное время суток.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: Нормы освещения строительных площадок приведены в СП 52.13330.2016 [2], наименьшая освещенность должна быть 50 лк.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: для освещения строительного участка по изготовлению кабельной эстакады следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

#### 5 Повышенный уровень шума

Источник возникновения фактора: сварочный полуавтомат Сварог MIG 350 (J1601), УШМ.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: снижение чувствительности органа слуха.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: допустимая норма уровня шума регламентируется согласно СанПиН 1.2.3685-21 [3]. Максимальный уровень шума, колеблется во времени и прерывается, не должен превышать 50-55 дБА. Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87 [4]. Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты: противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему; противошумные шлемы и каски; противошумные костюмы (ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ «Средства и методы защиты от шума» [5]).

#### 6 Повышенный уровень общей вибрации

Источник возникновения фактора: Уголошлифовальная машина (УШМ).

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: вибрационная болезнь.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: значения нормируемых параметров вибрации определяют по результатам измерений на рабочих местах:

- локальной вибрации (по ГОСТ 31192.2-2005) – 5,0 м/с<sup>2</sup>;
- общей вибрации (по ГОСТ 31319-2006) – 1,8 м/с<sup>2</sup>.

В отдельных случаях допускается определять значения нормируемых параметров на основании расчетов.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: ежегодное медицинское обследование.

#### 7 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Источник возникновения фактора: сварочные аэрозоли.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: интоксикация марганцем (нейротоксикоз), пневмокониоз, профессиональная экзема, пылевой бронхит, бронхиальная астма.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: предельно допустимые концентрации вредных веществ, встречающихся в воздухе рабочей зоны при производстве сварочных работ по ГОСТ 12.1.005-88 [13].

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: применение респираторов.

#### 8 Монотонность труда

Источник возникновения фактора: нервно-психологические нагрузки.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: приводит к существенному снижению тонической активности симпатической нервной системы и повышению активности парасимпатической нервной системы.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: индивидуально по каждому предприятию, согласно трудовому кодексу РФ.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

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

#### 9 Длительное сосредоточенное наблюдение

Источник возникновения фактора: нервно-психологические нагрузки.

Типичные профессиональные заболевания или травмы, которые работник может получить: перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков.

Допустимые нормы с необходимой размерностью: индивидуально по каждому предприятию, согласно трудовому кодексу РФ.

Разрабатываемые решения, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных факторов на работающих: временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

#### 4.3 Экологическая безопасность

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

##### Воздействие на литосферу

Отходами в сварочном производстве являются:

- металлолом черных и цветных металлов и сплавов;
- отработанные абразивные круги;
- мусор от уборки территории;
- промасленная ветошь, картон, полиэтиленовая упаковка и др.

Сбор отходов производится:

- в специальные контейнеры;
- на специальные площадки для крупногабаритных отходов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов.

Для хранения отходов, обладающих пожароопасными свойствами (отработанные масла, ветошь, масляные фильтры) организуются специальные места хранения исключающие возможность самопроизвольного возгорания.

##### Воздействие на гидросферу

Для подготовки деталей перед сваркой применяются обезжириватели поверхностей: ацетон, метиловый спирт.

Ветош после использования должна быть

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.

#### Воздействие на атмосферу

Сварочные работы производятся на открытом воздухе. Значения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены согласно ГОСТ 12.1.005-88 [13].

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения (таблица 36).

Таблица 36 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые выделяются в воздухе при сварке металлов.

Название	Вещество ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Твердая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец (при его содержании в сварочном аэрозоле до 20%)	0,2	2
Хром (III) оксид	1,0	2
Хром (VI) оксид	0,01	1
Газовая составляющая сварочного аэрозоля		
Марганец оксид	0,3	2
Углерода оксид	20,0	4
Фтористый водород	0,5/1,0	2

В работе проводится замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на более технически современный способ механизированной сварки в среде защитных газов. Преимущества данного способа в уменьшении выгорания легирующих компонентов металла и электродных стержней, и как следствие, заметное снижение уровня загрязнения атмосферы при сварочных работах.

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Работа по монтажу кабельной эстакады проводится в Томской области с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном районе отсутствуют.

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

При проведении сварочных работ наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ, при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» класс возможного пожара по виду горючего материала - пожары твердых горючих веществ и материалов (А).

При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения. В нашем случае участок оборудуется специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;
- огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей,

электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

#### Выводы по разделу Социальная ответственность

Проект по разработке технологии сборки и сварки узлов кабельной эстакады механизированной сваркой в среде углекислого газа отвечает требованиям промышленной безопасности.

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

Сварочный участок по электробезопасности согласно ПУЭ относится к категории опасных.

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

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.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» класс возможного пожара по виду горючего материала - пожары твердых горючих веществ и материалов (А). В качестве первичных средств пожаротушения применяется: пожарная цистерна с водой - 2 шт.; огнетушитель ОП-5 – 2 шт.; огнетушитель углекислотный ОУ-5– 2 шт.; ящик с сухим и чистым песком.

Сварочный участок по степени воздействия на окружающую среду относится к объектам II категории.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была разработана технология сборки и сварки узлов кабельной эстакады с использованием механизированной сварки в среде углекислого газа. Подобраны сварочные материалы и 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.

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 Б.Е.Патон Технология электрической сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 1962.- 663с.
- 2 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с.
- 3 ГОСТ 380-71 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования.
- 4 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.2/ Под ред. А.И Акулова. 1978. 462с., ил.
- 5 Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений.– М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997.-319 с.: ил.
- 6 ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
- 7 ГОСТ 9467-75 Электроды, покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей
- 8 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия
- 9 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 - Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. 567с., ил.
- 10 Ссылка на интернет-источник: <https://ivinstrument.ru>
- 11 ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 12 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 13 Ссылка на интернет-источник: <https://vsyasvarka.ru>
- 14 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

15 Гитлевич А.Д Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах. – М: МАШГИЗ, 1962. – 172с.

16 Елгазин В.И. Расчет защитного заземления.

17 Охрана труда в машиностроении // Под ред. Е.Я. Юдина.- М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

18 СХК Инструкция по охране труда при выполнении электросварочных работ ИОТ-ОЛ-07-024-94

19 Белов С.В. Охрана окружающей среды.–М.:Высшая школа, 1983.–264 с.

20 Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.

21 Журавлев В.Г. Защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях. М.: Высшая школа, 1990. – 376 с.

Приложение А

(обязательное)

Комплект технологической документации

Приложение Б  
(обязательное)  
Комплект чертежей

Оглавление

ФЮРА.305166.001 Общий вид кабельной эстакады

чертеж А1

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.02000.0021 1

Разраб.	Фетляев Р.Э.		
Провер.	Киселев А.С.		
Нормир.			
Н.контр.			
Утв.			

НИ ТПУ ИШНКБ  
Группа 3-1В71

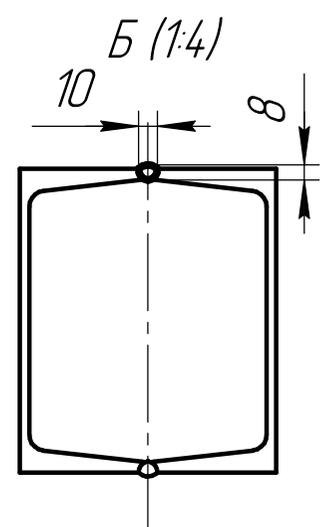
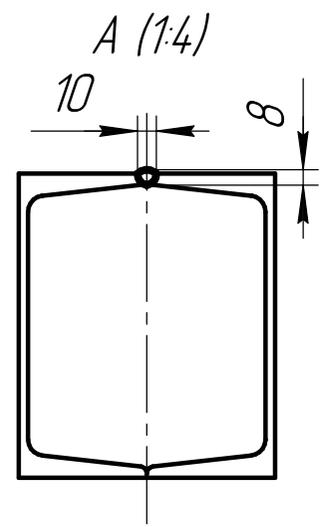
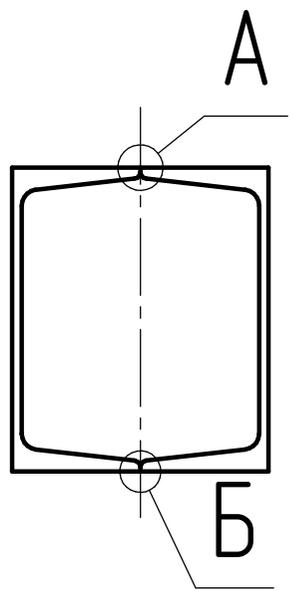
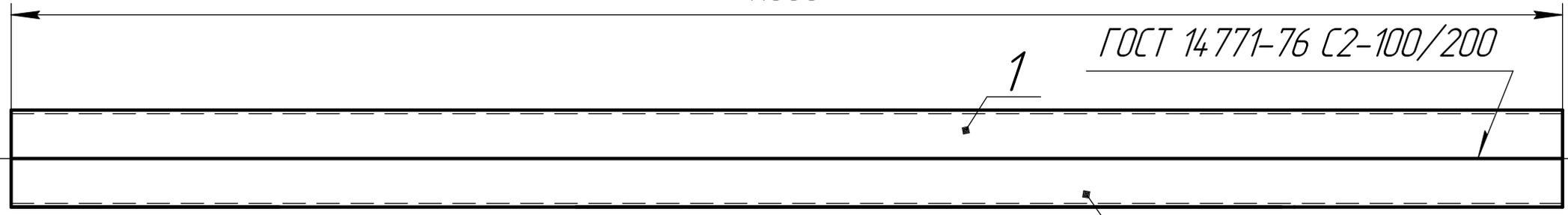
ФЮРА.305166.021

ФЮРА.20000.001

Сварка балки кабельной эстакады

11000

ГОСТ 14771-76 С2-100/200



ГОСТ 3.1105-84

Форма 7а

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.020000.0021 2

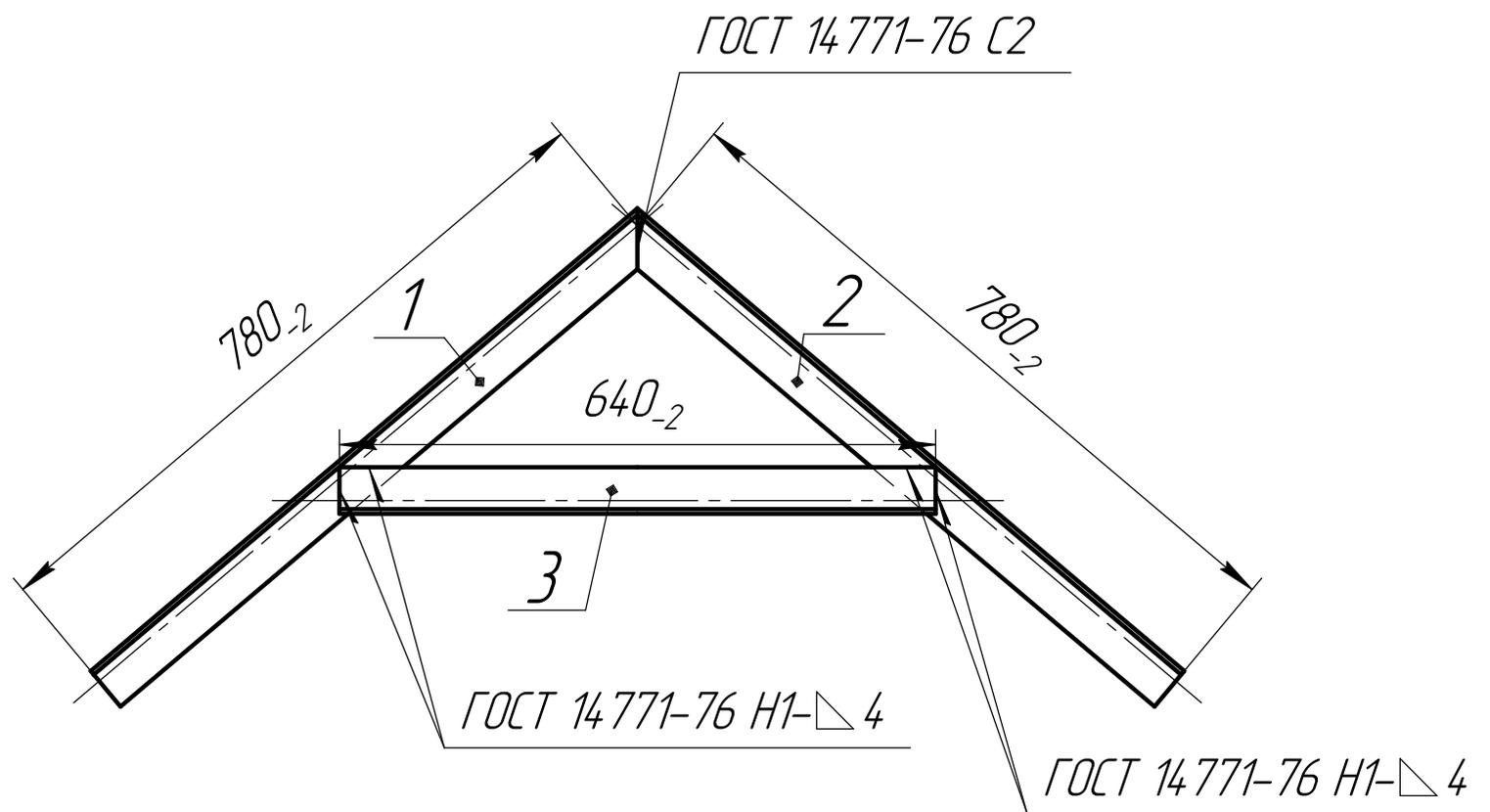
Разраб.	Фетляев Р.Э.		
Провер.	Киселев А.С.		
Нормир.			
Н.контр.			
Утв.			

НИ ТПУ ИШНКБ  
Группа 3-1В71

ФЮРА 305166.021

ФЮРА.200000.002

Сварка конькового узла кабельной эстакады



Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.020000.0021 3

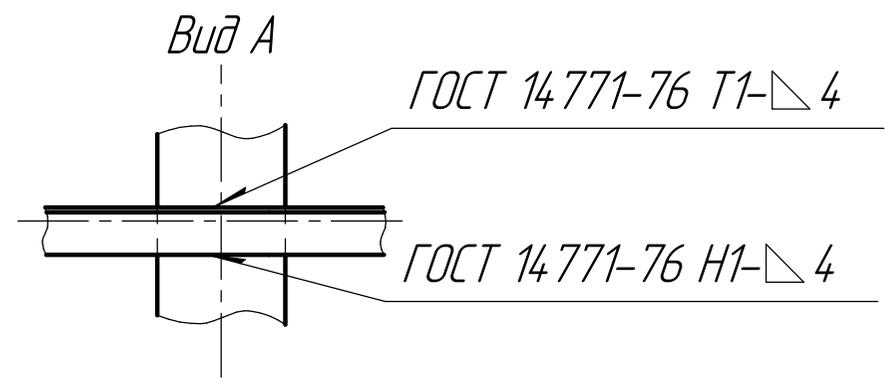
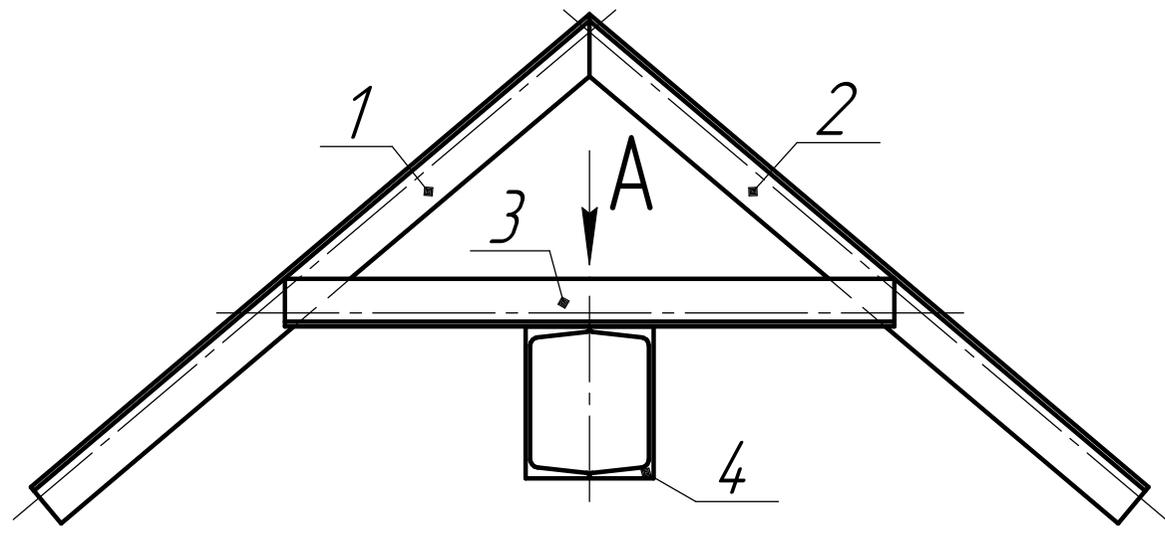
Разраб.	Фетляев Р.Э.		
Провер.	Киселев А.С.		
Нормир.			
Н.контр.			
Утв.			

НИ ТПУ ИШНКБ  
Группа 3-1В71

ФЮРА 305166.021

ФЮРА.200000.003

Сварка конькового узла кабельной эстакады



Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.020000.0021 4

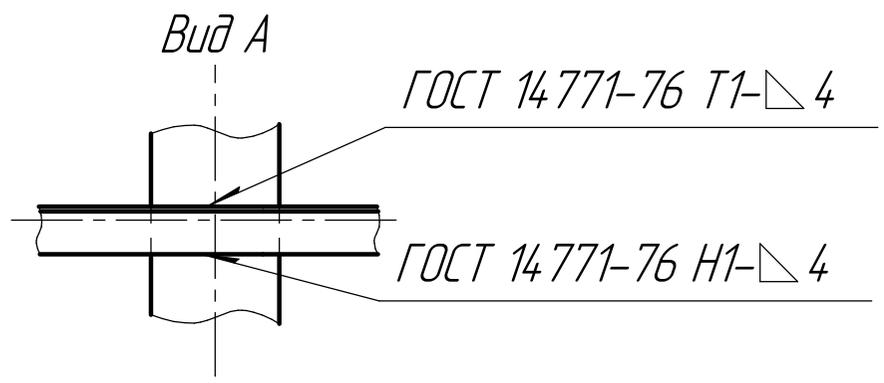
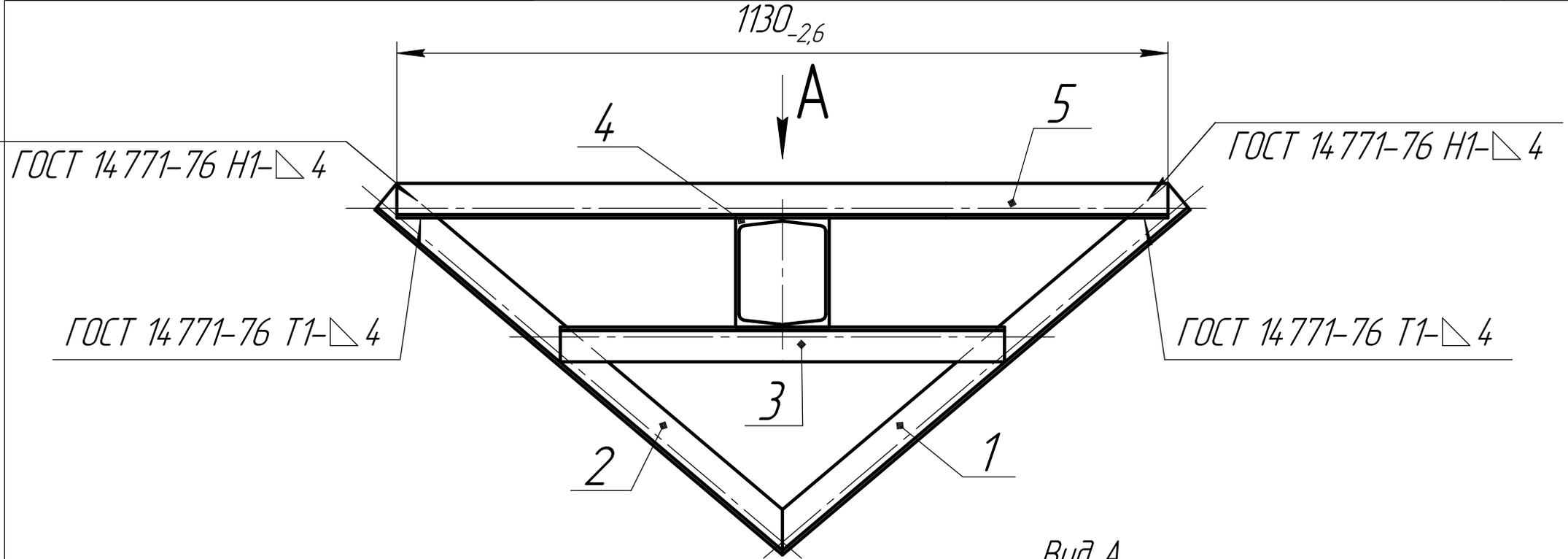
Разраб.	Фетляев Р.Э.		
Провер.	Киселев А.С.		
Нормир.			
Н.контр.			
Утв.			

НИ ТПУ ИШНКБ  
Группа 3-1В71

ФЮРА 305166.021

ФЮРА.200000.004

Сварка конькового узла кабельной эстакады



Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА.020000.0021	5
------------------	---

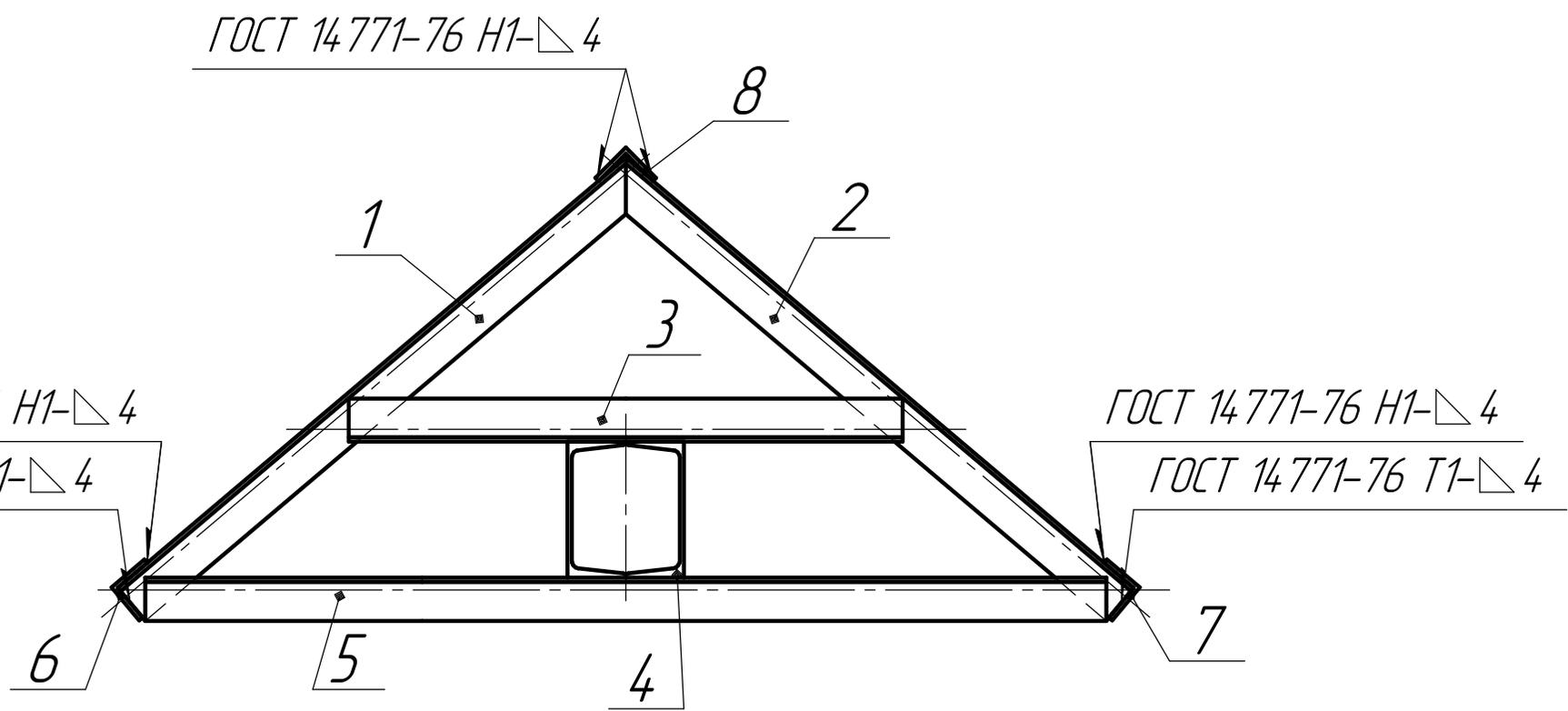
Разраб.	Фетляев Р.Э.		
Провер.	Киселев А.С.		
Нормир.			
Н.контр.			
Утв.			

НИ ТПУ ИШНКБ  
Группа 3-1В71

ФЮРА 305166.021

ФЮРА.200000.005

Сварка конькового узла кабельной эстакады





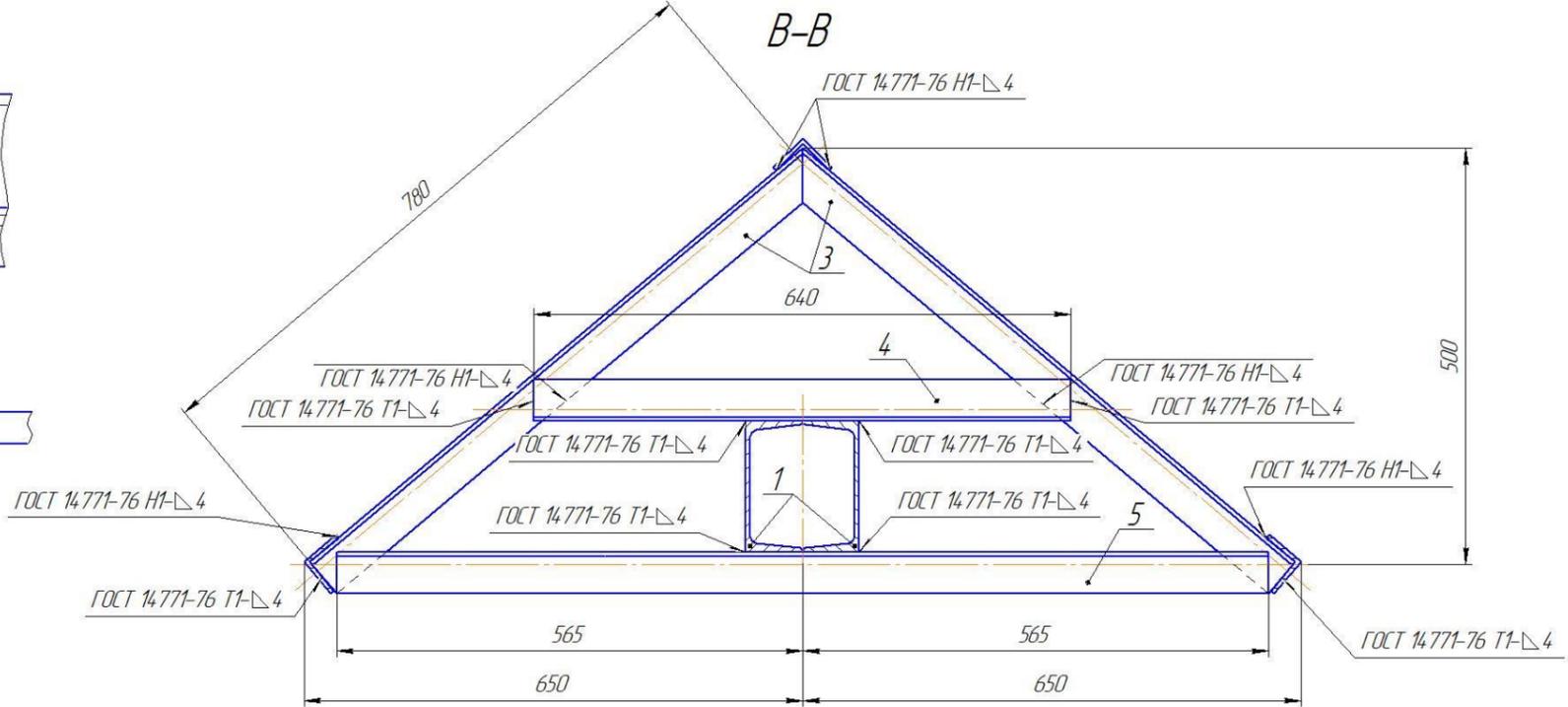
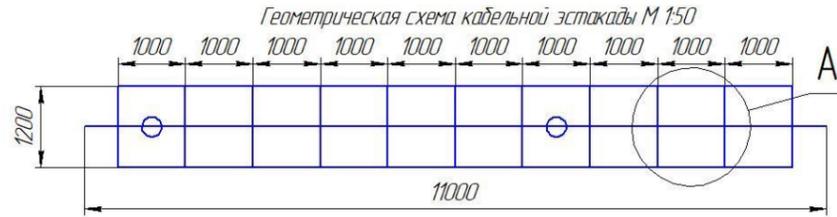
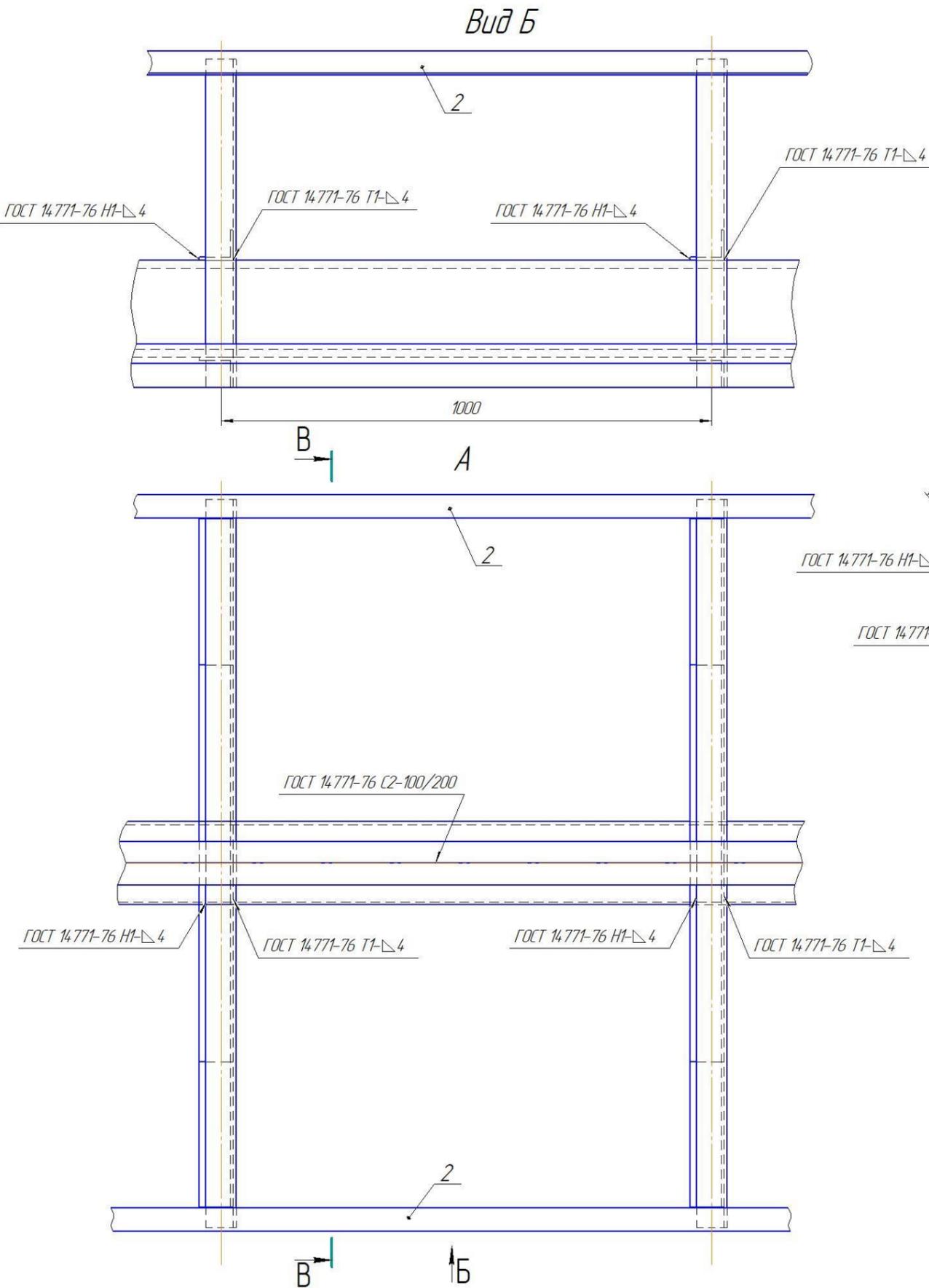












Спецификация элементов кабельной эстакады

Формат	Элемент	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
				Документация		
A1			ФЮРА.305166.021.В0	Вид общий		
И			ФЮРА.305166.021.ПЗ	Пояснительная записка		
				Стандартные изделия		
	1			Швеллер 16У ГОСТ 8240-97	2	11000
	2			Уголок 50x50x5 ГОСТ 8509-93	3	11000
	3			Уголок 50x50x5 ГОСТ 8509-93	2	780
	4			Уголок 50x50x5 ГОСТ 8509-93	1	640
	5			Уголок 50x50x5 ГОСТ 8509-93	1	1130

ФЮРА.305166.021.В0

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Имя	Масса	Масштаб
	У						14
Кабельная эстакада					Лист 1 Листов 2		
Чертеж общего вида					НИ ТПУ ИШЖБ		
					Группа 3-1В71		
					Формат А1		

Лист 1 из 2  
Лист 2 из 2  
Лист 3 из 2  
Лист 4 из 2  
Лист 5 из 2  
Лист 6 из 2  
Лист 7 из 2  
Лист 8 из 2  
Лист 9 из 2  
Лист 10 из 2  
Лист 11 из 2  
Лист 12 из 2  
Лист 13 из 2  
Лист 14 из 2