

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки трансформаторной подстанции</b>

УДК 621.791.7.014:621.311.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Шерстов Роман Игоревич		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец Антон Сергеевич	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок Анастасия Валерьевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина Анна Александровна	к.т.н.		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 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
3-1В41	Шерстов Роман Игоревич

Тема работы:

Технология изготовления сварного каркаса для крепления светодиодной ленты.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3649/с от 13.05.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Корпус трансформаторной подстанции типа 2КТПН 10/630. Условия эксплуатации от -50 до +60 градусов. При изготовлении используется ручная дуговая сварка.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>Обзор технологии изготовления корпуса трансформаторной подстанции типа 2КТПН 10/630. Анализ существующих способов сварки. Выбор и обоснование предложенных технологических решений для снижения стоимости производства Расчет режимов сварки. Разработка технологии изготовления стенки корпуса трансформаторной подстанции. Техничко-экономическое обоснование</p>

	предложенных способов изготовления. Анализ требований и выбор мер по охране труда и охране окружающей среды.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Презентация Power Point Presentation

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Технологическая часть	Гордынец Антон Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Жаворонок Анастасия Валерьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.03.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Шерстов Роман Игоревич		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019 г.	Аналитический обзор литературы	10
19.04.2019 г.	Характеристика материала изделия	10
23.04.2019 г.	Выбор способа сварки	10
27.04.2019 г.	Обоснование выбора присадочного материала	10
30.04.2019 г.	Выбор сварочного оборудования	10
04.05.2019 г.	Разработка технология сварки	10
08.05.2019 г.	Разработка сварочного приспособления	10
11.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
18.05.2019 г.	Заключение по работе	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**Консультант (при наличии)**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страницы, 6 рисунков, 36 таблиц, 20 литературных источников, 11 листов демонстрационного материала (слайды).

Ключевые слова: трансформаторная подстанция, рама основания, крыша подстанции, опорные стойки, механизированная сварка в углекислом газе, ручная дуговая сварка.

Цель работы – разработать технологию для сборки и сварки каркаса трансформаторной подстанции типа 2КТПН 10/630.

Поставленная задача решается тем, что составляется технологическая последовательность операций сборки и сварки, и выбираются приспособления для сборки опорных стоек трансформаторной подстанции.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе “КОМПАС-3D V14” и представлена на диске CD-RW (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Final qualifying work contains 80 pages, 6 figures, 36 tables, 20 literary sources, 11 sheets of demonstration material (slides).

Key words: transformer substation, base frame, substation roof, support posts, mechanized welding in carbon dioxide, manual arc welding.

The purpose of the work is to develop a technology for the assembly and welding of the framework of a transformer substation of the type 2KTPN 10/630.

The task is solved by the fact that a technological sequence of operations of assembly and welding is made, and devices for the assembly of support poles of a transformer substation are selected.

The final qualification work of the bachelor was done in the text editor Microsoft Word 2016 and the graphic editor “KOMPAS-3D V14” and is presented on the CD-RW (in the envelope on the back of the cover).

## Содержание

	С.
Введение.....	10
1 Описание сварной конструкции .....	11
1.1 Материал сварной конструкции .....	12
1.2 Технологическая свариваемость материала.....	12
2 Способ сварки конструкции.....	13
3 Сварочные материалы .....	17
4 Расчет режимов сварки.....	21
5 Выбор источника питания для сварки .....	26
6 Технология изготовления сварной конструкции .....	29
6.1 Общая оценка существующего технологического процесса.....	29
6.2 Последовательность операций сборки и сварки .....	29
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 32	
7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технического проектирования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	33
7.2 Планирование технического проектирования работ.....	36
7.3 Определение норм времени на сварку .....	41
7.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	48
8 Социальная ответственность .....	57
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	59
8.2 Производственная безопасность.....	60
8.3 Экологическая безопасность .....	69
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
Заключение .....	78
Список использованных источников .....	79

Диск CD-R

В конверте на  
обороте обложки

Презентация.

Файл Презентация Шерстов. ppt в формате PowerPoint 2016

Пояснительная записка.

Файл Диплом Шерстов. docx в формате Word 2016

Графический материал:

## Введение

Комплектные трансформаторные подстанции киоскового типа (далее КТПН) наружной установки для кабельных и воздушных сетей, предназначенные для приема, транзита, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока напряжением 6-10/0,4 кВ частотой 50 Гц.

КТПН используются для электроснабжения объектов промышленности, сельского хозяйства, коммунальных потребителей и небольших населенных пунктов, объектов строительства, горноперерабатывающих, нефтегазодобывающих предприятий и других объектов.

Цель работы – разработать технологию сборки и сварки каркаса трансформаторной подстанции типа 2КТПН 10/630 с использованием механизированной сварки в среде защитных газов и сборочно-сварочных приспособлений, что позволило бы ускорить работу, сделать процесс более дешевым и технологичным.

В данной работе рассматривается технология сборки и сварки конструкции корпуса трансформаторной подстанции 2КТПН состоящей из рамы, 6 стоек и крыши.

## 1 Описание сварной конструкции

2КТП-630 комплектная двухтрансформаторная подстанция наружной установки трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, представляет собой электротехническое устройство, предназначенное для приема, преобразования (по уровню напряжения при помощи силовых трансформаторов), передачи и распределения электрической энергии.

Применяется в сетях электроснабжения:

- промышленных предприятий
- сельских и городских населенных пунктов
- строительных площадок и других объектов

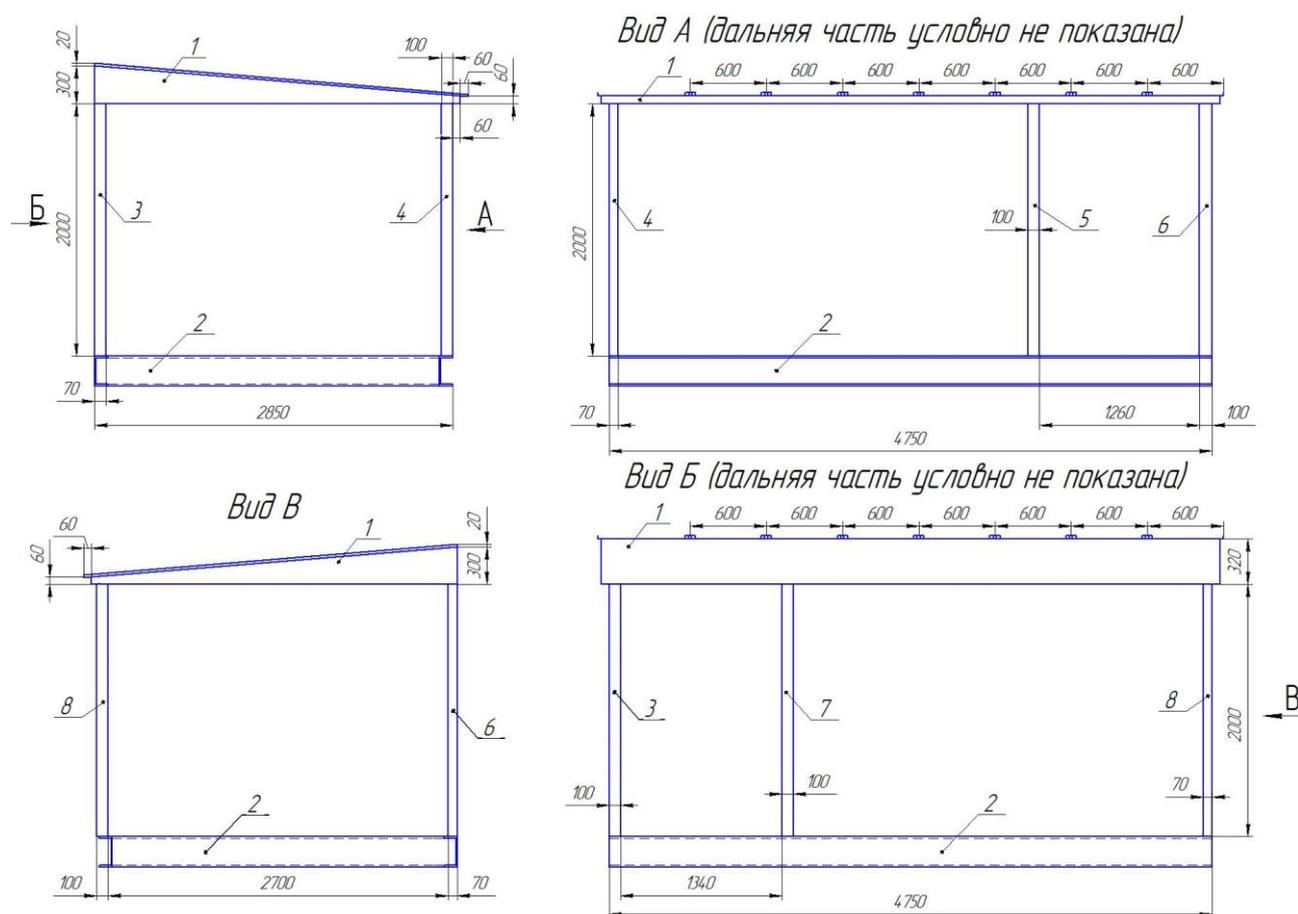


Рисунок 1 – Каркасная часть трансформаторной подстанции 2 КТПН-630

На рисунке 1 показана каркасная часть трансформаторной подстанции, которая состоит из следующих компонентов:

- 1 – крыша подстанции;

2 – рама подстанции;

3 – стойка из прямоугольного профиля размером 100x70 мм.

### 1.1 Материал сварной конструкции

СтЗсп – это низкоуглеродистая сталь обыкновенного качества, поставляемая по ГОСТ 380-2005. Сталь обыкновенного качества поставляется без термообработки в горячекатаном состоянии. Изготовленные из нее конструкции обычно не подвергаются последующей термообработке [1].

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

Таблица 1 – Механические свойства стали СтЗсп при температуре  $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  по ГОСТ 535-2005

Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа	Предел текучести $\sigma_t$ , (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 по ГОСТ 380-2005

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.

### 1.2 Технологическая свариваемость материала

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

Свариваемость низкоуглеродистых сталей оценивается как без ограничений.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [2] для нахождения необходимого подогрева:

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

где  $C_s$  - химический эквивалент углерода,  $C_p$  - размерный эквивалент углерода.

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

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

$$C_s = 0,18 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,38,$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

Определим размерный эквивалент углерода:

$$C_p = 0,005 \cdot \delta \cdot C_s = 0,005 \cdot 3 \cdot 0,38 = 0,006, \quad (3)$$

где  $\delta$  – толщина свариваемой стали, мм.

Находим полный эквивалент углерода:

$$\Sigma C_s = C_s + C_p = 0,38 + 0,006 = 0,386. \quad (4)$$

Полный эквивалент углерода  $C_s \leq 0,45$ , следовательно, подогрев не требуется.

## 2 Способ сварки конструкции

В качестве основного способа сварки для изготовления трансформаторной подстанции применяется ручная дуговая сварка.

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки.

## Общепринятые обозначения

РДС – ручная дуговая сварка (преимущественно в советской литературе);

MMA – Manual Metal Arc (Welding) – ручная металлическая дуговая сварка;

SMAW – Shielded Metal Arc Welding – металлическая дуговая сварка в защитной атмосфере;

## Технология ручной дуговой сварки

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

Если положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что ручная дуговая сварка производится на прямой полярности. Если на изделии отрицательный полюс, то полярность обратная. Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода (электродный металл), его покрытие и металл изделия (основной металл). Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д. Они обычно находятся в следующих пределах: глубина до 6 мм, ширина 8–15 мм, длина 10–30 мм.

Длина дуги – расстояние от активного пятна на поверхности сварочной ванны до другого активного пятна на расплавленной поверхности электрода. В результате плавления покрытия электрода вокруг дуги и над сварочной ванной образуется газовая атмосфера, оттесняющая воздух из зоны сварки для предотвращения его взаимодействия с расплавленным металлом.

В газовой атмосфере также присутствуют пары легирующих элементов, основного и электродного металлов.

Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, препятствует их взаимодействию с воздухом, а также способствует очищению расплавленного металла от примесей.

По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с образованием шва, соединяющего свариваемые детали. На поверхности шва образуется слой затвердевшего шлака.

Преимущества ручной дуговой сварки:

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;

- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;

- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

Недостатки ручной дуговой сварки:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;

- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;

- вредные условия процесса сварки.

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 служат сварочные преобразователи постоянного тока с жесткой характеристикой типа ПСГ-350, ПСГ-500 и др.

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 свариваемого шва, т. е. от количества наплавляемого металла. Чем больше размеры шва, тем меньше скорость сварки и тем больше величина сварочного тока. Напряжение тока 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 [6].

Расход углекислого газа устанавливается таким, чтобы обеспечить полную защиту металла шва от воздействия атмосферного воздуха.

При сварке толстых изделий сварочными токами 500... 1000 А расход газа достигает 15...20 л/мин. 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 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 [6].

### 3 Сварочные материалы

В качестве основных сварочных материалов для сварки трансформаторной подстанции 2КТПН назначаем электроды с основным типом покрытия марки ОК 46.00.

Сварочные электроды ОК 46.00 предназначены для ручной дуговой сварки углеродистых сталей, на переменном Alternating Current (AC) и постоянном токе Direct Current (DC) любой полярности. Сварка производится во всех пространственных положениях.

Электроды для сварки ОК 46.00 (также, как и электроды ОЗС-12 или МР-3 синие) являются электродами с рутиловым покрытием. В основе покрытия используется рутиловый концентрат, состоящий из двуокиси титана. Рутиловое покрытие обеспечивает стабильное и мощное горение дуги, малые потери металла на разбрызгивание, легкую отделимость шлаковой корки, отличное формирование шва. Электроды малочувствительны к образованию пор при изменении длины дуги, при сварке влажного и ржавого металла и по окисленной поверхности.

#### Преимущества электродов для сварки ОК 46.00

Благодаря уникальной рецептуре, строгого контроля качества, высокотехнологического процесса производства электроды для сварки ОК 46.00 характеризуются:

1. легким повторным зажиганием дуги;
2. пониженной температурой в области сварки, что обеспечивает отличную свариваемость: не допускает образование горячих трещин, перегрева в зоне сварки, вскипания ванны и разбрызгивания;
3. малой чувствительностью к ржавчине и загрязненным поверхностям;
4. хорошей отделимостью шлаковой корки;
5. отличным товарным видом швов;
6. экономичностью в работе.

Электроды ОК 46 применяются в случаях, когда необходимо обеспечить качественную свариваемость конструкций из углеродистой стали.

#### Применение сварочных электродов ОК 46.00

Сварочные электроды ОК 46.00 используются по всему миру, во всех отраслях, особенное распространение электроды получили в судовой промышленности, так как в данной отрасли проводятся огромное количество сварочных работ и при этом особое внимание уделяется качеству швов, обеспечивающих герметичность и стойких к агрессивным средам. Электроды ОК 46 позволяют повысить скорость выполнения крупномасштабных сварочных работ за счет стабильно высокого качества. Любое пространственное положение сварки и легкий повторный поджиг, позволяет выполнять сварочные работы в ограниченных или стесненных условиях.

Таблица 3 – Химический состав металла сварного шва (%) в соответствии AWS

Показатели	C	SI	Mn	P	S
Среднее*	0,08	0,3	0,4	0,02	0,01
Допустимое	0,05-0,12	0,45	0,65	0,030	0,025

\* для каждой отдельной партии электродов химический состав индивидуален, в пределах допустимых норм.

Таблица 4 – Механические свойства металла сварного шва в соответствии AWS

Показатели	Предел текучести (МПа)	Предел прочности (МПа)	Относительное удлинение (%)	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>
Среднее	400	510	28	-200С:35
Допустимое	330	410	17	

Условия проковки: 80 °С в течение 1 часа.

Таблица 5 – Характеристики электродов ОК 46.00

Тип покрытого электрода по покрытию	С рутиловым покрытием
Тип покрытого электрода по применению	Для сварки низколегированных и углеродистых конструкционных сталей
Тип покрытого электрода по положениям сварки в пространстве	Во всех пространственных положениях

Продолжение таблицы 5

Максимальный сварочный ток	150.0 (А)
Минимальный сварочный ток	80.0 (А)
Вес упаковки	5.3 (кг)
Коэффициент наплавки	8,5 (г/А·ч)
Производительность наплавки (для диаметра 4,0 мм)	1,4 (кг/ч)
Расход электродов на 1 кг наплавленного металла	1,7 (кг)

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, используют электродную проволоку марки Св-08Г2С. На свойства металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании в нем азота и водорода могут образовываться поры даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем содержании кремния и марганца в сварочной ванне. На производстве применяется углекислый газ первого сорта по ГОСТ 8050-85.

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 (СО) и атомарный кислород (О) который, если не принимать специальных мер, приводит к окислению свариваемого металла.

Окислительное действие O нейтрализуется введением в проволоку дополнительного количества раскислителей кремния и марганца.

Таблица 6 – Химический состав проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70

С, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %	A, %
0,11	1,8-2,10	0,7-0,95	0,20	0,25	0,03	0,03	0,05

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050-85. Для сварки используют сварочную углекислоту высшего и первого сортов, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,037 и 0,184 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 CO<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 7.

Таблица 7 – Состав углекислого газа (сорт первый)

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

#### 4 Расчет режимов сварки

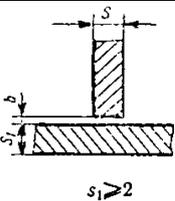
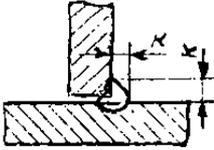
Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

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. Конструктивные элементы подготовленных кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Расчет таврового соединения типа Т1

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

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		S	b	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения		Номин.	Пред. откл.
Т1			От 0,8 до 3	0	+0,5

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

$$F = \frac{K_y \cdot K^2}{2}, \quad (5)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм;

$K$  – катет шва, мм;

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

Тогда подставив значения в формулу (15), получим:

$$F = \frac{1,25 \cdot 16}{2} = 10 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{ce} = \frac{3,14 \cdot 6,25}{4} \cdot 16 = 78,5 \text{ A},$$

принимаем  $I_{ce} = 80 \text{ A}$ .

Напряжение дуги определяем по формуле:

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 80 = 23,2 \text{ В},$$

принимаем  $U_d = 23 \text{ В}$ .

Скорость сварки находим по формуле:

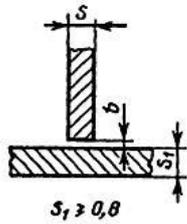
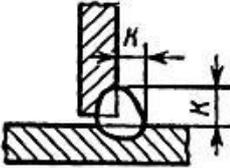
$$V_{ce} = \frac{8,5 \cdot 80}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,1} = 0,24 \text{ см/с} = 8,7 \text{ м/ч}.$$

Погонная энергия определяется по формуле (11):

$$q_n = \frac{80 \cdot 23 \cdot 0,8}{0,24} = 6133 \text{ кДж/см}.$$

При механизированной сварке в защитном газе основными параметрами режима сварки являются: диаметр проволоки, сила сварочного тока, напряжение дуги, скорость сварки, скорость подачи электродной проволоки, число проходов и др.

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

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		Способ сварки	s	b	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения			Номин.	Пред. откл.
T1			УП	6,0 – 20,0	0	+ 1,5

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

$$F_n = \frac{k^2}{2}, \tag{6}$$

где  $k$  – катет углового шва,

$$F_n = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ мм}^2$$

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

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot j, \quad (7)$$

Где  $d_{эл}$  – диаметр электродной проволоки, принимаемый 1,2 мм;  
 $j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>,

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 200 = 226 \text{ А},$$

Принимаем  $I_{св} = 230 \text{ А}$ .

Определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_{\delta} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_3}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (8)$$

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

Принимаем напряжение  $U_{\delta} = 27 \text{ В}$ .

Определим коэффициент формы провара:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_{\delta}}{I_{св}}, \quad (9)$$

где  $K'$  – коэффициент, который зависит от рода тока и полярности,

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 230) \cdot \frac{1,2 \cdot 27}{230} = 2,1$$

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:

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

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$\gamma$  – плотность материала, г/см<sup>3</sup>,

Для определения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  при механизированных способах сварки в углекислом газе воспользуемся следующей формулой:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (11)$$

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

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (12)$$

Подставим известные значения плотности тока  $j$  в формулу (12), 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:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{св}} \cdot \frac{l_6}{d_3^2}, \quad (13)$$

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

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{230} \cdot \frac{1,5}{0,12^2} = 13,95 \text{ э/А}\cdot\text{ч}$$

Тогда коэффициента наплавки  $\alpha_n$  согласно формуле (11):

$$\alpha_n = 13,95 \cdot (1 - 0,1256) = 12,2 \text{ э/А}\cdot\text{ч}.$$

Скорость сварки по формуле (10) получаем:

$$V_{св} = \frac{12,2 \cdot 230}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,08} \approx 0,56 \text{ см/с} = 20 \text{ м/ч}.$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле:

$$V_{нэл} = \frac{\alpha_p \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{эл}}, \quad (14)$$

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

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

$$V_{нэл} = \frac{13,95 \cdot 230}{3600 \cdot 7,8 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2}} \approx 10 \text{ см/с} = 360 \text{ м/ч}.$$

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

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{np}}}, \quad (15)$$

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

$\Psi_{np}$  - коэффициент формы провара,

$$q_n = IU\eta, \quad (16)$$

$$q_n = 230 \cdot 27 \cdot 0,85 = 9425 \text{ Дж}.$$

Глубина проплавления по формуле (15):

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{9425}{2,1}} = 0,54.$$

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

$$e = \psi_{np} \cdot H, \quad (17)$$

$$e = 2,1 \cdot 0,5 = 1,05 \text{ см}.$$

Высота валика:

$$q = \frac{e}{\psi_e}, \quad (18)$$

где  $e$  - ширина валика.

Тогда подставив значения в формулу (18) найдем:

$$q = \frac{10,5}{10} = 1,1 \text{ мм}.$$

Общая высота шва:

$$C = H + q, \quad (19)$$

где  $H$  – глубина провара при сварке.

$$C = 5 + 1,1 = 6,1 \text{ мм}.$$

5 Выбор источника питания для сварки

Для ручной дуговой сварки электродами ОК 46.00 рассмотрим используется источник питания СВАРОЧНЫЙ ИНВЕРТОР NEON ВД 315.

«NEON» - инверторный сварочный аппарат постоянного тока, предназначенный для ручной дуговой сварки. Также предусмотрена возможность использования аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. За короткий промежуток времени, сварочный аппарат «NEON» производства нижегородского ЗАО «ЭлектроИнтел» получил широкое применение на крупных предприятиях машиностроения, металлургии, судостроительных заводах и на транспорте на всей территории РФ и ближнего зарубежья, что свидетельствует об уровне качества аппарата.

#### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ

- применение вне помещения и при любой температуре (-40С до +40С);
- удобство транспортировки и доставки;
- легкость настройки и работы;
- защита от замыкания;
- горячий старт;
- высокое энергосбережение.

Таблица 10 – Технические характеристики

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение питающей сети, В	380(-20%+15%)
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потребляемая мощность, кВА	от 0,7 до 11,4
Диапазон регулирования сварочного тока, А	40–300
ПВ, %	80
Тип охлаждения	Принудительное воздушное
КПД, %	90
Диаметр электрода, мм	1,6-7,0
Габаритные размеры, мм	170x220x400
Вес, кг	11,5

В качестве сварочного оборудования для механизированной сварки в защитном газе выбираем выпрямитель сварочный Migatronik KMX 550 механизмом подачи проволоки MWF 11. Технические характеристики аппарата в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики выпрямителя Migatronik KMX 550

Потребляемая мощность, 100%, кВА	24
Диапазон тока, DC, MIG, А	40-550
Диапазон тока, DC, MMA, А	60-550
Рабочий цикл 100%,	425 А/35,25 В
Рабочий цикл 60%,	525 А/41,5 В
Напряжение холостого хода, В	15-60
Регулировка напряжения	плавная
Класс защиты	IP 23
Габариты, ВхШхД, см	143×51×94
Вес, кг	229

Модель MWF - это подающий механизм для подсоединения к MIG/MAG сварочным источникам. Все блоки снабжены 4х-роликовым механизмом подачи, соединенным с двигателем через редуктор, что обеспечивает стабильную подачу проволоки.

Механизм подачи проволоки MWF 11 - это подающие механизмы закрытого типа с внутренним расположением катушки (таблица 12).

Таблица 12 – Технические характеристики механизма подачи проволоки MWF 11

Механизм	MWF 11
ПВ 100%, А	425
ПВ 60%, А	400
Скорость проволоки, м/мин	1,7-24
Диапазон диаметров сварочной проволоки	1,0-1,6
Основное напряжение, В	40
Размер катушки, мм	300
Класс защиты	IP 23
Вес, кг	28

## 6 Технология изготовления сварной конструкции

### 6.1 Общая оценка существующего технологического процесса

Завоз материалов для трансформаторной подстанции (ТП), согласно спецификации, осуществляется автотранспортом к месту расположения ТП. Нарезка заготовок производится согласно рабочей документации. Мелкие партии заготовок нарезаются УШМ отрезным диском диаметром 230 или ацетиленокислородной резкой. Крупные партии заготовок в основном из листового проката нарезаются плазменным резак, данный резак расположен на территории ПРБ.

Разметка и погрузка заготовок осуществляется монтажниками (одним или двумя) из числа бригады, которой необходимы эти заготовки.

Сварка производится в нижнем положении. После сварочных работ производится зачистка швов с использованием УШМ шлифовальным кругом и металлической щеткой.

### 6.2 Последовательность операций сборки и сварки

Сборки и сварка корпусной части трансформаторной подстанции производится в следующем порядке:

1 Устанавливается рама (2) подстанции.

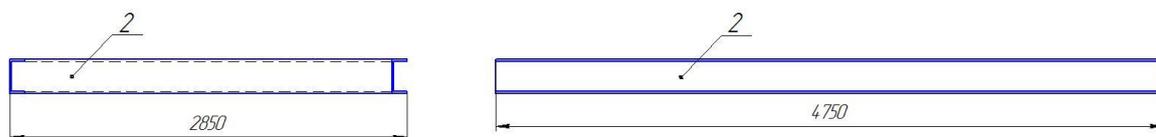


Рисунок 2 – Рама основания каркаса.

2 Выставляются стойки (3,4,5,6,7,8) на раме (2) при помощи магнитных прижимов.

3 Проставляются прихватки между стойками (3,4,5,6,7,8) и рамой (2).

Вид А (дальняя часть условно не показана)

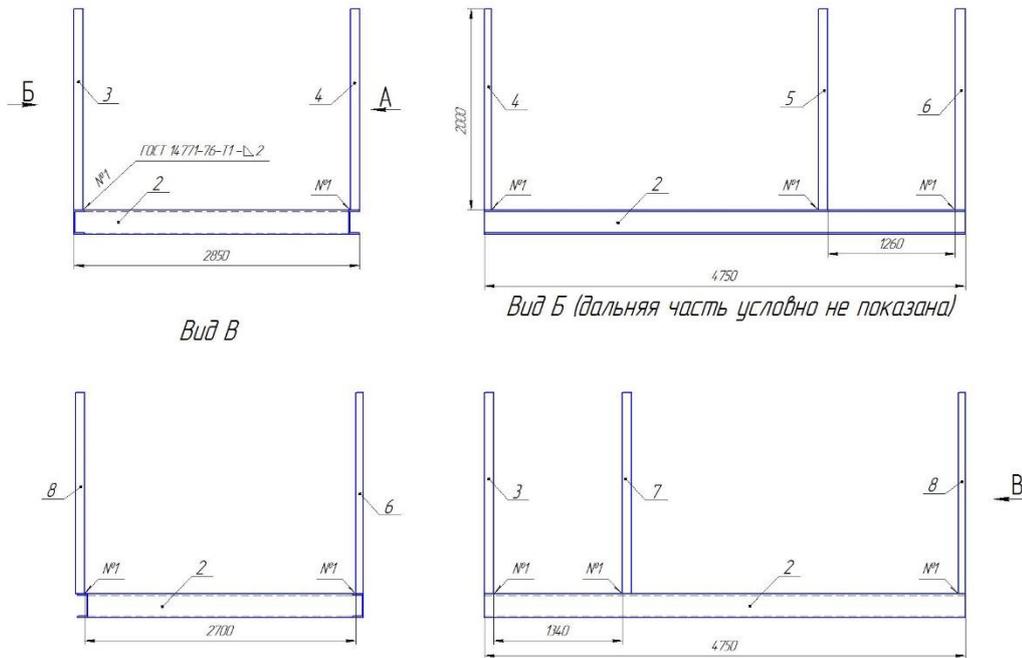


Рисунок 3 – Порядок сборки стоек каркаса.

4 Устанавливается крыша (1) на стойки (3,4,5,6,7,8)

5 Выставляются вертикально стойки и при помощи угловых магнитных прижимов фиксируются к крыше.

6 Проставляются прихватки между стойками и крышей

Вид А (дальняя часть условно не показана)

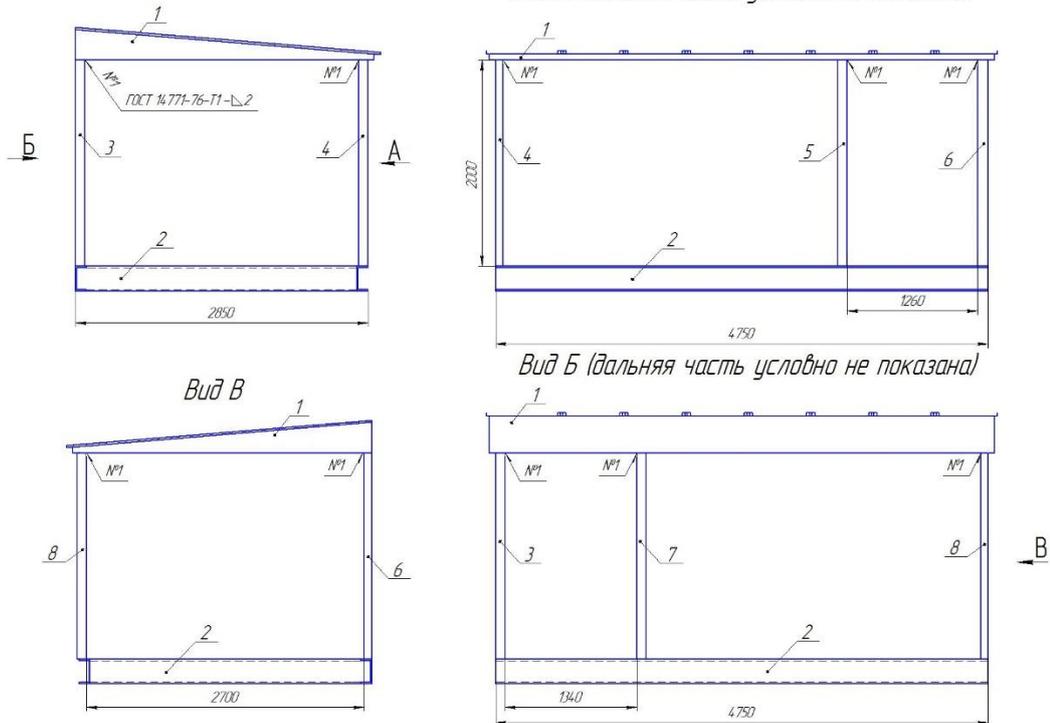
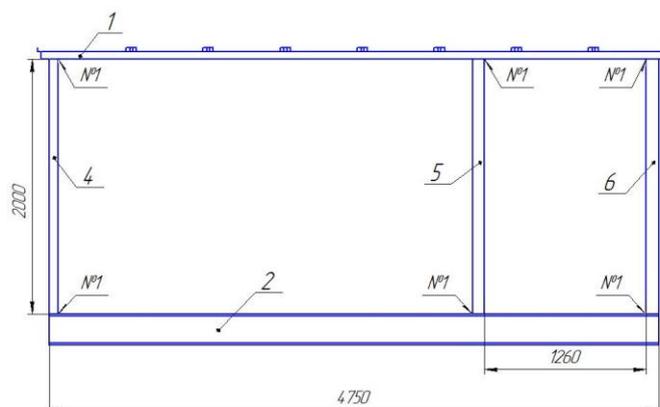
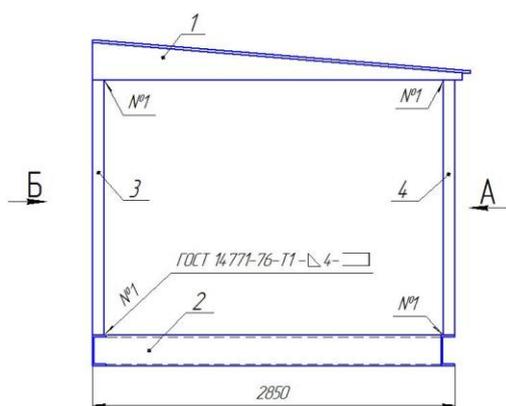


Рисунок 4 – Сборка стоек к крыше.

7 Свариваются стойки (3,4,5,6,7,8) с рамой (2) и стойки с крышей (1)

*Вид А (дальняя часть условно не показана)*



*Вид Б (дальняя часть условно не показана)*

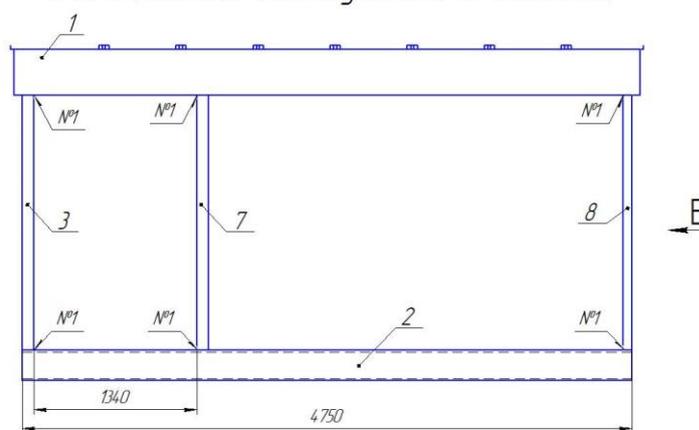
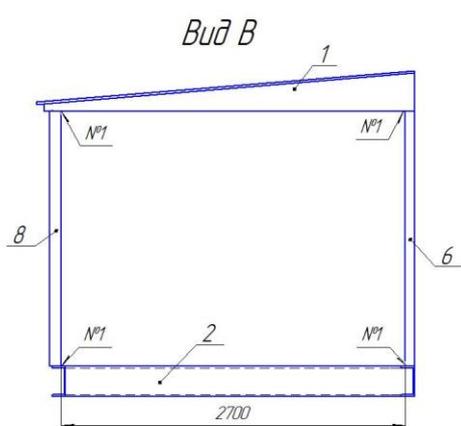


Рисунок 5 – Порядок наложения сварных швов.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3–1В41	Шерстов Роман Игоревич

<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, человеческих.</i>	<i>Расходные материалы; Система оплаты труда ТПУ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расхода ресурсов.</i>	<i>Месячный должностной оклад работников.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений.</i>	<i>– отчисления во внебюджетные фонды (30,2%) – ставка дополнительной заработной платы (12%).</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и 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 и формирование сметы технического проекта</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: – определение структуры работ; – определение трудоемкости работ; – разработка диаграммы Ганта</i>
3. <i>Определение ресурсосберегающей эффективности технического проекта.</i>	<i>Определение эффективности технического проектирования.</i>

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

1. При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок Анастасия Валерьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3–1В41	Шерстов Роман Игоревич		

## 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологического процесса изготовления корпуса трансформаторной подстанции 2КТПН 10/630 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.

### 7.1 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.

### 7.1.1 Потенциальные потребители результатов технического проектирования

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

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология сборки и сварки трансформаторной подстанции» выполняется для организации ООО «ТЭТЗ». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации.

Суть работы заключается в разработке процесса механизированной сварки в защитном газе сплошной проволокой корпуса трансформаторной подстанции 2КТПН 10/630.

Таблица 13 - Сегментирование рынка

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

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

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

### 7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Согласно обзору литературы, на сегодняшний день рационально использовать несколько способов сварки для изготовления трансформаторных подстанций: 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:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (20)$$

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 14.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Спрос проекта	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
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
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,1	2	5	3	0,3	0,5	0,3

Продолжение таблицы 14

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

*Примечание:*

$B_{\phi}$  – механизированная сварка в среде защитных газов;

$B_{к1}$  – аргонно-дуговая сварка;

$B_{к2}$  – ручная дуговая сварка.

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

## 7.2 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.

### 7.2.1 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 15.

Таблица 15 – 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 трансформаторной подстанции.	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
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

## 7.2.2 Определение трудоемкости выполнения 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  $t_{ож}$  используется следующая формула [1, стр.20]:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (21)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

## 7.2.3 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 16 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

Таблица 16 – 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	
- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	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: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии сборки и сварки трансформаторной подстанции	Студент	25	30	27	27
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
	Студент	20	23	21,2	21,2

Продолжение таблицы 16

Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный себестоимости руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
	Студент	12	15	13,2	13,2
	Студент	10	15	12	12
	Студент	2	3	2,4	2,4
	себестоимост и Научный руководитель	2	3	2,4	2,4

### 7.3 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 17 – 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:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}} \quad (22)$$

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

Подставляем значения в формулу (22) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (22) 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  $t_{в.ш}$ ,  $t_{в.шз}$ , а также коэффициента  $k_{об}$  получены из [16].

Таблица 18 – 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

Продолжение таблицы 18

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 %.

Таблица 19 – 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 %.

Таблица 20 – Подготовительно-заключительное время для механизированной сварки 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

Продолжение таблицы 20

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 %.

Таблица 21 – Определим штучное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$t_0$ – основное время на сварку, мин/м	11,9	8,2
$t_{в.ш.}$ - 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:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{ви}) \cdot l + t_{ви}] \cdot K_{об} \quad (23)$$

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 (23) 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 (23) 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 %.

Таблица 22 – Количество свариваемых подстанций 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:

$$n = \frac{T_{см} \times 60}{T_{шт}} \quad (24)$$

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

$T_{шт}$  – штучное время, мин

Подставляем значения в формулу (24) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (24) 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

Таблица 23 – Штучно – калькуляционное время

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

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

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n} \quad (25)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

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

$n$  – размер партии

Подставляем значения в формулу (25) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (25) и получаем для механизированной сварки:

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

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

Таблица 24 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизованная сварка
F – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>		
С2	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:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma \quad (26)$$

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

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавленного металла.

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для РДС:

$$G_{н1} = 4,5 \times 12,848 \times 7,8 = 451 \text{ г};$$

$$G_{н2} = 2,6 \times 13,767 \times 7,8 = 279 \text{ г};$$

$$G_{н3} = 10 \times 0,8 \times 7,8 = 62 \text{ г};$$

$$G_{\text{общ}} = 0,8 \text{ кг.}$$

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для механизированной сварки:

$$G_{н1} = 8 \times 12,848 \times 7,8 = 801 \text{ г};$$

$$G_{н2} = 2 \times 13,767 \times 7,8 = 215 \text{ г};$$

$$G_{н3} = 8 \times 0,8 \times 7,8 = 50 \text{ г};$$

$$G_{\text{общ}} = 1,1 \text{ кг.}$$

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

#### 7.4 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.

#### 7.4.1 Затраты на сварочные материалы

Таблица 25 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная 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:

$$C_{см} = g_{nm} \cdot k_n \cdot \Pi_{см} \quad (27)$$

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

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

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

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

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

Подставляем значения в формулу (27) 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 %.

## 7.4.2 Затраты на защитный газ

Таблица 26 – 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	-	$l_1 = 12,848$ ; $l_2 = 13,767$ ; $l_3 = 0,8$
$C_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,033

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot C_{газ} \quad (28)$$

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 (28) 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.

## 7.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Таблица 27 – 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:

$$C_з = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60} \quad (29)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 7.4.4 Затраты на отчисления на социальные цели

Таблица 28 – 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:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100} \quad (30)$$

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 (30) и получаем для РДС:

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

Подставляем значения в формулу (30) 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 %.

### 7.4.5 Затраты на электроэнергию

Таблица 29 – 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
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб	5,4	5,4

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл} \quad (31)$$

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 (31) 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 (31) 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.

#### 7.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Таблица 30 – 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
$t_{шк}$ – 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:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60} \quad (32)$$

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 (32) 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 (32) 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 %.

#### 7.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Таблица 31 – 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 одно изделие между РДС и механизированной сваркой, составляет 105 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 13 %.

#### Заключение по разделу 7

Проведен технико–экономический анализ процесса изготовления трансформаторной подстанции 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.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В41	Шерстов Роман Игоревич

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.01.03 Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	<p>Рабочее место расположено в закрытом цеху. Климат умеренный.</p> <p>При изготовлении корпуса трансформаторной подстанции могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека.</p> <p>Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу)</p> <p>Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера</p>
---	---

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	<p>Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке технологии сварки и эксплуатации оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП);</li> <li>– неудовлетворительный микроклимат</li> <li>– повышенный уровень напряженности электростатического поля</li> </ul>
3. Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств);</li> <li>– решение по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>– Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Шерстов Роман Игоревич		

## 8 Социальная ответственность

Объектом разработки является технология изготовления каркаса трансформаторной подстанции типа 2КТПН 10/630 ручной дуговой сваркой.

Общий размер цеха составляет 200 м<sup>2</sup>. Рабочее место на сварочном участке – трансформаторная подстанция, составляет 30 м<sup>2</sup>. Следует отметить, что площадь одного рабочего места сварщика не должна быть меньше 4,5 м<sup>2</sup>, то есть данная площадь участка.

Оборудование: источник питания NEON ВД 315.

### 8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При подготовке сборочно-сварочных работ, инженеру сварочного производства необходимо руководствоваться следующими документами:

- Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. МинэнергоРоссии) (7-ое издание)

- СНиП II-А.9-71 Строительные нормы и правила. Часть II, раздел А. Глава 9. Искусственное освещение. Нормы проектирования"(утв. Госстроем СССР 29.06.1971)

- СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение. Дата актуализации: 01.11.2014

- ГОСТ 12.1.003-83\* Шум. Общие требования безопасности

- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

- ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

- ГОСТ 12.1.019–79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

- ГОСТ 12.1.010-76 Взрывобезопасность. Общие требования

### 8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

На сварочном участке производится изготовление рамы и стоек трансформаторной подстанции 2КТПН 10/630. При изготовлении

осуществляются следующие операции: сборка и ручная дуговая сварка покрытыми электродами, слесарные операции.

При изготовлении рамы и стоек трансформаторной подстанции на участке используется следующее оборудование:

Источник питания NEON ВД 315 1 шт.

Углошлифовальная машина Bosh 1 шт.

Перемещение изделия производят краном мостовым грузоподъемностью 5 т. В качестве основного материала используют сталь марки: Ст3сп. Сварка производится ручной дуговой сваркой электродами марки ОК-46.00. Проектируемый участок находится во втором пролете ремонтно-механического цеха ООО «ТЗЭТ», поэтому освещение осуществляется двумя окнами, расположенными в стене здания, а также восьмью светильниками, расположенными непосредственно над участком. Стены цеха выполнены из железобетонных блоков, окрашены в светлые тона.

Завоз деталей в цех и вывоз готовой продукции осуществляется через ворота (2 шт.) автомобильным транспортом. Вход в цех и выход из него осуществляется через две двери.

На случай пожара цех оснащен запасным выходом и системой противопожарной сигнализации. Все работы производятся на участке с площадью  $S = 30 \text{ м}^2$ .

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.0.003-2015.

## 8.2 Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование сварочного трансформатора NEON ВД 315 и ручной дуговой сварки покрытыми электродами, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

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

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [2]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 32 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Ручная дуговая сварка покрытыми электродами 2) Работа со сварочным оборудованием	1. Повышенный уровень электромагнитных полей [2, 17]; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; [2,3, 17]; 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [2, 17]; 4. Неудовлетворительный микроклимат [2, 17]; 5. Повышенный уровень напряженности электростатического поля [2, 17].	1. Электрический ток	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03  СанПиН 2.2.2.542-96  СанПиН 2.2.4.1191-03  СП 52.13330.2011  СанПиН 2.2.4.548-96  СН 2.2.4/2.1.8.562-96

8.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Электробезопасность:

При сварке используется сварочный аппарат NEON ВД 315. Номинальное напряжение холостого хода источников питания дуговой сварки не должна превышать значений, приведенных в таблице 34.

Таблица 33 – Допустимая номинальное напряжение холостого хода

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

Безопасность работы с электрооборудованием достигается при следующих условиях:

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

К эксплуатации и технического обслуживания оборудования допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку, знающие правила техники безопасности при работе с оборудованием.

Опасным для жизни лиц, эксплуатирующих и обслуживающих аппаратуру, является сетевая трехфазное напряжение 380 В, ускоряющее напряжение 60 кВ.

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

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

Помещения по электробезопасности подразделяются на 3 группы [29]:

1. Помещение без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%.

2. Помещение с повышенной опасностью (где имеется один из следующих признаков: повышенная температура, влажность 70—80%,

токопроводящие полы, металлическая пыль, наличие заземления, большого к-ва оборудования).

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

В нашем случае помещение относится к 1ой группе электробезопасности.

Средства коллективной защиты (СКЗ):

-изолирующие (изолирующие штанги, изол клещи, указатели напряжения, диэл перчатки, галоши и боты, ручной изолирующий инструмент, диэл ковры и изолирующие подставки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые, гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ в электроустановках до 1кВ, устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях, спец средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в установках под напряжением 110кВ и выше)

-основные

-дополнительные

-неизолирующие (плакаты и знаки безопасности, переносные заземления, защ ограждения, сигнализаторы наличия напряжения)

Средства защиты от электрических полей повышенной напряженности (330 кВ и выше):

-коллективные средства защиты (съёмные и переносные экраны и плакаты безопасности)

-индивидуальные средства защиты (комплекты индивидуальные экранирующие)

Средства индивидуальной защиты (СИЗ):

-средства защиты головы, средства защиты глаз и лица, средства защиты органов дыхания, средства защиты рук, средства защиты от падения с высоты, одежда специальная защитная.

Основные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

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

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

Дополнительные изолирующие ЭЗС до 1 кВ:

-диэлектрические галоши, диэлектрические ковры и изолирующие подставки, изолирующие колпаки, покрытия и накладки, лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые [7].

Сопротивление человеческого организма в зависимости от его состояния (утомленность, влажность кожи, состояние здоровья) меняется в широких пределах от 1000 до 20 000 Ом. Напряжение холостого хода источников питания дуги достигает 90В, а сжатой дуги 200В. В соответствии с законом Ома при неблагоприятном состоянии сварщика через него может пройти ток, близкий к предельному:

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

На узлах и блоках аппаратуры, где есть высокое напряжение, нанесены предупредительные знаки высокого напряжения.

Рабочее место и территория, на которой размещается аппаратура, должны быть чистыми и не иметь посторонних предметов и оборудования.

Обслуживание и ремонт аппаратуры должны производиться при отключенной сети. При этом на рубильнике, который отключает сеть, должна вывешиваться предупредительный плакат: «Не включать, работают люди».

Чтобы избежать включения ускоряющего напряжения посторонними лицами, ключ от замка включения ускоряющего напряжения должен быть вынут.

#### Освещение:

По категорию зрительных работ ручная дуговая сварка относится к восьмой категории - общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор). Согласно СНиП 23-05-95 требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблица 35.

Таблица 34 – Требования к освещению помещения промышленных предприятий (согласно СНиП 23-05-95)

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)			
Контраст объект с фоном	Независимое от характеристик фона и контрастности объекта			
характеристика фона				
Искусственное освещение	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	-
			В т.ч. от общего	-
		При системе общего освещения	200	
	Совокупность нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации		Р	40
		Кп, %	20	
Естественное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			3
	При боковом освещении			1
Совмещенное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			1,8
	При боковом освещении			0,6

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

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

## Шум

Основными источниками шума являются отрезные машины для заготовок, сварочная дуга и питание.

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

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. 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.

### Защита от шума

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

Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029.

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты: уменьшение уровня шума в источнике его возникновения; рациональное размещение оборудования; борьбу с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума, использование средств звукоизоляции, звукопоглощения и установку глушителей шума, акустическую обработку поверхностей помещения.

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

- применением ограждающих конструкций зданий с требуемой звукоизоляцией;

- применением звукопоглощающих конструкций (звукопоглощающих облицовок, кулис, штучных поглотителей);

- применением акустических экранов;

- применением глушителей шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и в аэрогазодинамических установках;

- виброизоляцией технологического оборудования.

Применение средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051.

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»).

Уровень шума на рабочем месте сварщика не более 80 дБА и соответствует нормам.

### Микроклимат

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

Производительность труда и самочувствие работающих зависят от состояния окружающей среды.

Человек работоспособна и хорошо себя чувствует, если амплитуда температуры окружающего воздуха - 18-20 ° С , относительная влажность - 40-60 % , а скорость движения воздуха - 0,1-0,2 м / с .

Нормирование параметров микроклимата заключается в установлении их оптимальных или допустимых величин в отношении конкретных производственных условий. Оно проводится с учетом следующих характеристик: степени тяжести выполняемой работы; времени года; количества избыточного тепла, поступающего в рабочую зону от оборудования (СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений").

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

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в теплый и холодный периоды приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Оптимальные и допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне для помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96)

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

Допустимые значения температуры воздуха в производственных помещениях на постоянных рабочих местах, представленных в таблице 36,

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

- На 3 ° С, но не более чем до 31 ° С - в помещениях с незначительным избытком явной теплоты;

- 5 ° С (до 33 ° С) - при значительных излишках явной теплоты;

- 2 ° С (до 30 ° С) - в помещениях, где по технологии производства требуется искусственное поддержание соответствующих температуре и относительной влажности воздуха независимо от величины избытка явной теплоты.

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

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, температура внутренних поверхностей помещений (стены, пол, потолок), а также температура наружных поверхностей технологического оборудования или его защитных устройств (экранов и т.п.) Не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для данной категории работ - тяжелая III, указанных в таблице 36.

Помещения, в которых проходит ручная дуговая сварка оснащены приточно - вытяжной вентиляцией не менее с трехкратным обменом.

Микроклимат на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

### 8.3 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.

### 8.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

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

Для каждого источника загрязнения атмосферы должна быть установлена предельно допустимая норма выброса в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02. Степень очистки сточных производственных вод должна устанавливаться согласно СНиП 2.04.02 и должна отвечать требованиям Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами;

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

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

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

Отходами в сварочном производстве дуговой сварки являются:

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

Сбор отходов производится:

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

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

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

Перемещение отходов на территории промышленного предприятия должно соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, предъявляемым к территориям и помещениям промышленных предприятий.

При перемещении отходов в закрытых помещениях следует использовать автопогрузчики [8].

### 8.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

На участке сборки и сварки изготовления рамы и стоек трансформаторной подстанции для улавливания газов при электросварочных работах применяем обще-обменную приточно-вытяжную вентиляцию и местную вытяжную вентиляцию.

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

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

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

Для улавливания сварочных аэрозолей в системах вентиляции и фильтровентиляционных агрегатах применяются электростатические, тканевые, бумажные и комбинированные фильтры. Назначаем вентилятор радиальный FUK – 2700 SP с двигателем типа АИР 80В2У3, мощностью 2,2 кВт.

#### 8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Масляные обогреватели нагреваются до температуры 110-150 градусов, поэтому довольно быстро способны отопить помещение. На время отсутствия сотрудников можно выставить на термостате температуру 10-15 градусов, и не бояться, что они замерзнут, придя на работу. Главное, учитывать, что суммарная мощность обогревателей была меньше электрической мощности источника их питания. А также желательно наличие дополнительного автоматического выключателя в распределительном щите для защиты от перегрузок.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

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

#### 8.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Для успешного проведения противопожарной профилактики на предприятиях важно знать основные причины пожаров. На основе статистических данных можно сделать вывод, что основными причинами пожаров на производстве являются:

- Неосторожное обращение с огнем;
- Неудовлетворительное состояние электротехнических устройств и нарушения, правил их монтажа и эксплуатации;
- Нарушение режимов технологических процессов;
- Неисправность отопительных приборов столько нарушение правил их;
- Невыполнение требований нормативных документов по вопросам пожарной безопасности.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, по этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека согласно НАПБ Б.03.002 -2007.

Цех, в котором находится сварочная участок по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории А (Взрыво - опасная), поскольку здесь присутствуют горючие вещества (газы: ацетилен, пропан -

бутан) и взрывоопасные вещества (газовые баллоны), что при взаимодействии с огнем или пылью взрываются.

Таблица 36 – Классификация пожаров и рекомендуемые огнетушащие вещества ГОСТ 27331-87

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

#### Углекислотные огнетушители ОУ-1

Предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением до 1000 В, двигателей внутреннего сгорания, горючих жидкостей.

Запрещается тушить материалы, горение которых происходит без доступа воздуха.

Принцип действия основан на вытеснении двуокиси углерода избыточным давлением. При открывании запорно-пускового устройства  $CO_2$  по сифонной трубке поступает к раструбу.  $CO_2$  из сжиженного состояния переходит в твердое (снегообразное). Температура резко (до  $-70C$ ) понижается. Углекислота, попадая на горящее вещество, изолирует его от кислорода.

#### Пенные огнетушители ОВП-4

Предназначены для тушения пожаров и загораний твердых веществ и материалов, ЛВЖ и ГЖ, кроме щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок под напряжением.

Принцип действия химического огнетушителя. При срабатывании запорно-пускового устройства открывается клапан стакана, освобождая выход кислотной части огнетушащего вещества. При переворачивании огнетушителя кислота и щелочь вступают во взаимодействие. При

встряхивании реакция ускоряется. Образующаяся пена поступает через насадку (спрыск) к очагу пожара.

Принцип действия воздушно-пенных огнетушителей основан на вытеснении раствора пенообразователя избыточным давлением рабочего газа (воздух, азот, углекислый газ). При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом. Пенообразователь выдавливается газом через каналы и сифонную трубку. В насадке пенообразователь перемешивается с засасываемым воздухом, и образуется пена. Она попадает на горящее вещество, охлаждает его и изолирует от кислорода.

Химический пенный огнетушитель подлежит зарядке каждый год независимо от того, использовался он или нет.

Пенными огнетушителями запрещается тушить электроустановки под напряжением.

#### Порошковые огнетушители ОП-3(з)

Предназначены для тушения пожаров и загораний нефтепродуктов, ЛВЖ и ГЖ, растворителей, твердых веществ, а также электроустановок под напряжением до 1000В.

Принцип действия огнетушителей со встроенным газовым источником давления. При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом (углекислый газ, азот). Газ по трубке подвода поступает в нижнюю часть корпуса огнетушителя и создает избыточное давление. Порошок вытесняется по сифонной трубке и шланг к стволу. Нажимая на курок ствола, можно подавать порошок порциями. Порошок, попадая на горящее вещество, изолирует его от кислорода воздуха.

Принцип действия закачного огнетушителя. Рабочий газ закачан непосредственно в корпус огнетушителя. При срабатывании запорно-пускового устройства порошок вытесняется газом по сифонной трубке в шланг и к стволу-насадке или в сопло. Порошок можно подавать порциями. Он попадает на горящее вещество и изолирует его от кислорода воздуха.

## План эвакуации

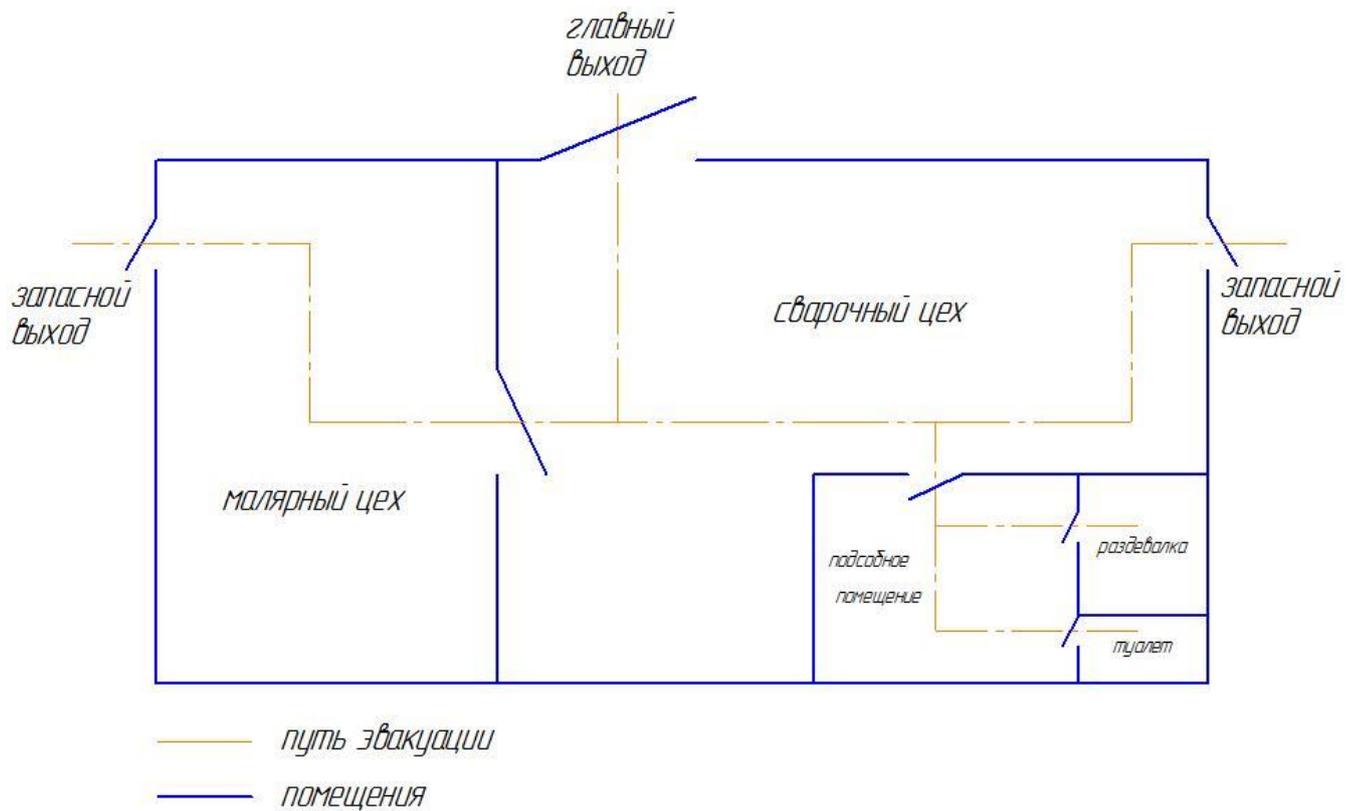


Рисунок 6 – План эвакуации

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра, была разработана технология сборки и сварки каркасной части трансформаторной подстанции 2КТПН 10/630 с использованием механизированной сварки в углекислом газе. Подобраны сварочные материалы и оборудование, рассчитаны режимы сварки. Разработана последовательность сборки и сварки с использованием сборочно-сварочных приспособлений.

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.

Проведен анализ производства на предмет выявления вредных и опасных факторов на сварочном участке. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

## Список использованных источников

- 1 ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
- 2 ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3)
- 3 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.
- 4 Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с., с.225
- 5 Конструирование и расчет сварочных приспособлений: рабочая программа, метод. указ. и задания на курсовой проект / сост. А.А. Хайдарова; Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.– 26 с.
- 6 Марочник сталей и сплавов/под ред. Зубченко А.С.-М.; Машиностроение, 2011, 672 с.
- 7 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Расчет режимов сварки». Составитель Е.А. Трущенко. Изд-во Томского политехнического университета, 2008-41с.
- 8 Юхин Н.А. Механизованная дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов: Пособие для студентов.- М.: Изд.Центр «СОУЭЛО», 2008.-74с., стр.45
9. Севбо П.И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования. – Киев, Наук. Думка, 1978. – 400 с.
- 10 Б.Е.Патон Технология электрической сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 1962.- 663с.

11 Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.

12 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.1/ Под ред. Н.А.Ольшанского. 1978. 504с., ил.

13 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.

14 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.

15 А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз,1962.

16 Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

17 Прокофьев Ю.С. Организация планирование и управлением предприятием: Методические указания к выполнению курсовой работы. – Томск: изд. ТПУ, 1987. – 38с.

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

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

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