

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

Школа: Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности (ИШНКБ)

Направление подготовки: 15.04.01 «Машиностроение»

Отделение школы (НОЦ): Отделение электронной инженерии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Разработка технологии сварки секций корпуса судна

УДК: 621.791.753.042.4:622.691.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Фролов Владимир Александрович		19.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		19.06.2020

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н.		02.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Ю.М.	д.т.н, профессор		10.06.2020

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Марцева Т.А.	к.филол.н.		15.06.2020

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		19.06.2020

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 15.04.01

Код	Результат обучения
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин с применением компьютерных технологий
P2	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P3	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии и машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.
P4	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента качества предприятия.
P5	Способность работать в многонациональном коллективе над междисциплинарными проектами в качестве исполнителя и руководителя.
P6	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, методическую документацию, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P9	Применять глубокие знания в области конструирования сборочно-сварочных приспособлений, механизации и автоматизации сварочных процессов с учетом специфики технологии изготовления сварной конструкции
P10	Решать инновационные задачи по сварке специальных сталей, применению современных методов неразрушающего контроля с использованием системного анализа и моделирования процессов контроля
P11	Ставить и решать инновационные задачи по применению необходимого оборудования для контактной сварки, проектировать сварочные процессы с принципиально новыми технологическими свойствами, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства

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 (ИШНКБ)  
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»  
 Профиль «Машины и технологии сварочного производства»  
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОЭИ ИШНКБ  
 \_\_\_\_\_ Гордынец А.С.  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ81	Фролову Владимиру Александровичу

Тема работы:

Разработка технологии сварки секций корпуса судна	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.05.2020г., 135-40/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2020
--	------------

**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>Разработка технологии сварки секций корпуса судна.</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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание конструкции;</li> <li>2. Разработка технологии сборки и сварки;</li> <li>3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>4. Социальная ответственность;</li> <li>5. Заключение.</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Механические свойства и химический состав свариваемого материала и сварочных материалов. 2. параметры режимов сварки. 3. Карта эскизов конструкции; 4. Маршрутная и/или операционные карты технологического процесса.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Основная часть магистерской диссертации	Киселев Алексей Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Федорчук. Юрий Митрофанович
Часть магистерской диссертации на английском языке	Марцева Татьяна Александровна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
1. Материалы, оборудование и методы разработки	
-	
-	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		28.01.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Фролов Владимир Александрович		28.01.2019

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 (ИШНКБ)

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Уровень образования магистратура

Профиль «Машины и технологии сварочного производства»

Отделение электронной инженерии

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

<b>Магистерская диссертация</b>
---------------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
04.02.2020	1 Литературный обзор	25
25.02.2020	2 Описание конструкции, материалов, оборудования	5
29.03.2020	3 Разработка технологии сварки	35
15.04.2020	4 Выводы	10
22.04.2020	5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
06.05.2020	6 Социальная ответственность	10
13.05.2020	7 Часть магистерской диссертации на английском языке	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А.С.	к.т.н., доцент		30.01.2019

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		30.01.2019

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ81	Фролову Владимиру Александровичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01/Машиностроение

Тема ВКР

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ СЕКЦИЙ КОРПУСА СУДНА.**

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость применяемого оборудования для проведения эксперимента, заработная плата с учетом районного коэффициента, стоимость электроэнергии.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30.2%

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

1. Оценка коммерческого потенциала инженерного проекта (ИП)	1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 1.3. SWOT – анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	2.1. Устав проекта 2.2. Организационная структура проекта
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	3.1 План проекта (календарный план НТИ) 3.2 Бюджет проекта исследования (планируемые затраты на выполнения НТИ) 3.3 Организационная структура проекта (выбор организационной структуры научного проекта).
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИП и потенциальных рисков	4.1 Оценка сравнительной эффективности исследований

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

1. Матрица SWOT
2. Оценка готовности проекта к коммерциализации
3. Инициация проекта
4. Планирование управления проектом
5. График разработки и внедрения ИП
6. Инвестиционный план. Бюджет ИП
7. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н		26.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Фролов В.А.		26.02.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1ВМ81	Фролов Владимир Александрович

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	15.04.01 «Машиностроение»

**Тема дипломной работы:** «Разработка технологии сварки секций корпуса судна»

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

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Сварочная установка, находящаяся в г. Большой Камень, судостроительном комплексе «Звезда» в закрытом цехе, оборудованном системой вытяжной вентиляции и светильниками дневного света, системой автоматического пожаротушения. Цех является частью судостроительного комплекса, расположенного на побережье Уссурийского залива.</p> <p>Целью данной работы является разработка технологии автоматической сборки и сварки под слоем флюса.</p> <p>Вид сырья: металл, проволока, флюс</p>
---	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаро-взрыво-безопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>К числу вредных факторов на рабочем месте следует отнести:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная освещенность;</li> <li>• Нарушения микроклимата;</li> <li>• Шум;</li> <li>• Повышенный уровень электромагнитного излучения;</li> <li>• Наличие токсикантов</li> </ul> <p>К опасным факторам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</li> </ul> <p>Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</p> <p>Механическое оборудование, в т.ч. г/п механизмы (таль, тельфер).</p>
---	---

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера,) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов. Также требует разработки их утилизации.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень 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> </ul>	<p>Обеспечение безопасности и устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях, предотвращение их влияния на режим работы. На предприятии возможно возникновение следующих типов ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Природного характера – тайфуны (опасность затопления территории предприятия, цеха, путей снабжения и эвакуации). Приведены меры по предотвращению затопления и материального ущерба.</li> <li>2. Антропогенного характера – несанкционированное проникновение посторонних лиц в рабочую зону (вандализм, шпионаж, диверсия). Приведены меры по обеспечению охранных мер и ограничения доступа.</li> </ol>
<p><b>4. Перечень нормативно-технической документации, использованной при написании раздела СО.</b></p>	<p>Приведены перечень НТД, используемых в данном разделе, схема эвакуации при пожаре, схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2020 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Фролов Владимир Александрович		26.02.2020 г.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 142 страниц, 21 рисунок, 39 таблиц, 32 использованных источников, 2 приложения и техническую документацию.

Ключевые слова: автоматическая сварка под флюсом, тавровые балки, технология сварки, производственная линия, секции судна.

Объектом исследования являются элементы корпуса судна, изготавливаемые из двутавровых балок из судостроительной стали E40.

Цель работы – разработать технологический процесс для сборки и сварки тавровых соединений элементов корпуса судна.

Для решения поставленной цели требуется разобрать факторы влияющие на увеличение производительности и качества изделий. На основании полученных данных разработать технологию изготовления балки двутавровой из стали E40, поскольку существующая технология производства имеет ряд недостатков в использовании оборудования и в процессе изготовления.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработка принципиально нового технологического процесса сборки и сварки двутавровой балки;
- проведение расчётов оборудования;
- проведение исследования по социальной ответственности;
- проведение экономического анализа.

## **Abstract**

The final qualifying work contains 142 pages, 21 figures, 39 tables, 32 sources used, 2 appendices and technical documentation.

Keywords: automatic submerged arc welding, t-beams, welding technology, production line, ship sections.

The object of research is the elements of the ship's hull made of I-beams made of E40 shipbuilding steel.

The purpose of the work is to develop a technological process for assembling and welding of the t-joints of the ship's hull elements.

To achieve this goal, you need to analyze the factors that affect the increase in productivity and quality of products. Based on the data obtained, develop a manufacturing technology for an I-beam made of E40 steel, since the existing production technology has a number of disadvantages in the use of equipment and in the manufacturing process.

To achieve this goal, the following tasks were completed:

- development of a fundamentally new technological process for Assembly and welding of an I-beam;
- performing hardware calculations;
- conducting research on social responsibility;
- conducting economic analysis.

## Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Сварочная ванна – слой расплавленного металла на поверхности свариваемых изделий, образующихся в процессе сварки.

Критическая масса – масса сварочной ванны, при которой расплавленный металл не стекает.

Импульсное питание – подача импульсов с высокой величиной тока и частотой.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

- $G_v$  – масса сварочной ванны;
- $I_d$  – ток дуги;
- $U_d$  – напряжение на дуге;
- $I_{св}$  – сварочный ток;
- $I_i$  – ток импульса;
- $I_{п}$  – ток паузы;
- $T_i$  – период следования тепловых импульсов за счет тока;
- $t_i$  – полная длительность импульса;
- $t_c$  – время паузы;
- $H$  – глубина сварочной ванны;
- $B$  – ширина сварочной ванны;
- $L$  – длина сварочной ванны;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ОСТ 5Р.1093 «Соединения сварные стальных корпусных конструкций надводных судов»;
- ОСТ 5.9079 «Комплексная система контроля качества. Деформации местные сварных корпусных конструкций. Нормы и методы контроля»;

- ОСТ 5P.9091 «Детали корпусные судовые стальные. Технические требования к изготовлению»;
- ОСТ 5.9092 «Корпуса стальных судов. Основные положения по технологии изготовления»;
- ОСТ 5.9324 «Комплексная система контроля качества. Корпуса металлических судов. Точность изготовления узлов и секций»;
- ОСТ 5.9526 «Резка тепловая металлов. Типовые технологические процессы»;
- ОСТ 5P.9613 «Корпуса металлические надводных судов. Проверочные работы при изготовлении на построечном месте»;
- ОСТ 5.9621 «Корпуса металлических судов. Правка сварных корпусных конструкций. Основные положения»;
- ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;
- ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления;
- СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления;
- ГОСТ 12.1.003-83 – Шум. Общие требования безопасности;
- СНиП 23-03-2003 – Защита от шума;
- ОСП-72/87 – Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений;
- ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

- ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.
- ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
- СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

## Оглавление

Введение .....	17
1 Описание конструкции .....	19
1.1 Характеристика и назначение, типы соединений, условия эксплуатации	19
1.2 Химический состав и свойства конструкционных сталей .....	25
2 Материалы, оборудование, методы сварки и обработки, сварочные деформации .....	28
2.1 Типы установок индукционного нагрева .....	29
2.1.1 Среднечастотные индукционные установки .....	29
2.1.2 Высокочастотные индукционные установки .....	29
2.1.3 Сверхвысокочастотные индукционные установки.....	29
2.2 Преимущества оборудования индукционного нагрева .....	30
2.3 Автоматическая сварка под флюсом .....	33
2.4 Сварочные деформации при сварке .....	35
2.5 Сварочные материалы и оборудование.....	36
2.5.1 Выбор сварочных материалов .....	36
2.5.2 Сварочная проволока для автоматической сварки под флюсом.....	36
2.5.3 Сварочный флюс .....	36
2.5.4 Автоматизированная сварочная установка «Corimpex BWM-TC-1500-500» .....	37
2.5.5 Сварочная головка для сварки под флюсом NA-5.....	41
2.5.6 Источник питания IdealArc DC-1000 .....	43
2.5.7 Дробеструйная установка УДП-100х1520-4/11П .....	44
3 Разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки.....	46
3.1 Требования к квалификации сварщиков и технического персонала .....	46
3.2 Требования к применяемому способу сварки.....	46
3.3 Требования к основным и сварочным материалам .....	47
3.4 Требования к производственным условиям.....	48
3.5 Требования к подготовке кромок и сборке под сварку .....	48

3.6 Допуски на размеры, форму оснастки, деталей, узлов, тавровых балок, деформации и габаритные размеры .....	50
3.7 Расчет режимов сварки .....	51
3.8 Сварка тавровых балок .....	54
3.9 Расчет расхода сварочных материалов .....	58
3.10 Подготовка сварочных материалов .....	60
3.11 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений после сварки.....	61
3.12 Контроль качества сварочных соединений.....	66
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. ...	68
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	68
4.2 SWOT анализ.....	71
4.3 Инициация проекта .....	74
4.3.1 Цели и результаты проекта.....	74
4.3.2 Организационная структура проекта .....	76
4.4 План проекта.....	77
4.5 Бюджет научного исследования .....	79
4.5.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты .....	79
4.5.2 Специальное оборудование .....	80
4.5.3 Основная заработная плата.....	81
4.5.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	84
4.5.5 Отчисления на социальные нужды.....	84
4.6 Реестр рисков проекта.....	86
4.7 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	87
4.9 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	90
5 Социальная ответственность .....	92
5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	92
5.1.1 Категория тяжести труда .....	93

5.2 Вредные факторы .....	94
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата .....	94
5.2.2 Превышение уровня шума на рабочем месте .....	96
5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	97
5.2.4 Электромагнитные поля в производственных помещениях .....	102
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	104
5.3.1 Факторы электрической природы .....	104
5.3.2 Факторы пожарной и взрывной природы .....	107
5.4 Охрана окружающей среды .....	109
5.5 Защита в ЧС .....	110
5.6 Перечень нормативно-технической документации, использованной при написании раздела СО. ....	111
Заключение .....	113
Список использованных источников .....	114
Приложение А .....	117
Приложение Б.....	130
Технологическая документация .....	131

## Введение

Большинство технологических процессов при изготовлении различного рода конструкций в машиностроительной промышленности во многих случаях применяется с использованием сварочных технологий. В настоящее время сварка является наиболее гибкой ресурсосберегающей технологией, которая обладает большой производительностью. Возможность механизации и автоматизации сварочного производства – важнейшее средство повышения производительности труда и качества сварных изделий, а также улучшения условий труда.

Современные предприятия по производству сложных и ответственных металлических конструкций и обработке металла, в том числе и судостроительные производства, используют индукционный нагрев, поскольку данный метод обладает рядом преимуществ, которыми не обладают другие аналогичные методы, такие как газопламенные нагреватели, электронагреватели, устройства термохимического нагрева и электронагреватели комбинированного действия.

Главная часть любого судна является корпус, состоящий из набора, т.е. каркаса и обшивки. Набор представляет собой совокупность продольных и поперечных связей, в виде металлических листов и профилей, обеспечивающий корпус судна жесткостью и придающий ему нужную форму. Большое количество соединений при сварке имеют различный характер деформирования, что приводит к дополнительным затратам времени, средств и ресурсов на механическую, термическую или комбинированную правку.

Для решения данных проблем в работе ставятся задачи: обосновать выбор способа сварки, разработать технологию процесса сварки, выбор современного оборудования не уступающее ни в цене, ни в качестве.

Целью выпускной квалификационной работы является: разработка технологического процесса сборки и сварки частей корпуса судна с снижением сварочных деформаций посредством индукционного нагрева металла до сварки;

выбор оборудования и сварочных материалов, актуальных в современном производстве.

## 1 Описание конструкции

### 1.1 Характеристика и назначение, типы соединений, условия эксплуатации



Рисунок 1.1.1 - Пример конструкции корпуса судна

Секция корпуса судна технически законченная часть корпуса судна или одной из его основных конструкций (днища, борта, палубы и т.д.), собираемая из ряда узлов и деталей. Кроме корпусных конструкций секции также включают элементы насыщения, крепления изоляции и отделочной россыпи судовых помещений [1].

Поперечные и продольные кромки секции являются ее границами. Разбивка судна на секции производится с учетом ее конструктивных особенностей, расположения монтажных стыков, принятой технологией и организацией производства, условий производства завода-изготовителя [1].

Большое разнообразие предварительно изготавливаемых узлов корпусных конструкций принято объединять по конструктивно-технологическим признакам в следующие основные группы [1].

В настоящее время принято подразделять корпус судна на следующие части (сборочные элементы):

- деталь — неделимая часть корпусной конструкции, получаемая в результате обработки листового или профильного проката;

- узел — технологически законченная часть корпусной конструкции, состоящая из двух или более деталей:

- секция — технологически законченная часть корпуса судна или одной из его основных конструкций (днища, борта, палубы и т. п.), собираемая из ряда узлов и отдельных деталей;

- блок секций — значительная часть корпуса судна, отсеченная одной или двумя плоскостями, параллельными плоскости мидель-шпангоута, а у крупных судов часто и плоскостями, параллельными диаметральной плоскости или основной плоскости. Собираются из нескольких секций, отдельных узлов и деталей [2].

Тавровые и Г-образные балки длиной более 2,5 м. Эти узлы широко применяются в составе корпусных конструкций и, в свою очередь, могут быть разделены на две подгруппы (рисунок 1.1.2, а): прямолинейные и криволинейные [2].

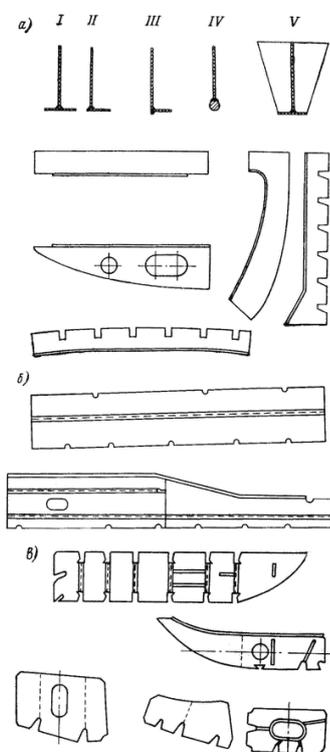


Рисунок 1.1.2 - Узлы корпусных конструкций: а — тавровые балки; б — днищевые стрингеры; в — флоры

Короткие тавры, brackets и кницы с поясками. Узлы этой группы, особенно на судах некоторых проектов, встречаются в большом количестве и весьма разнообразны по размерам и форме [2].

Широкие полосы с продольными (поперечными) ребрами жесткости или поясками. К этой группе относятся узлы днищевого набора — стрингеры (рис. 1.1.2, б), вертикальный киль, флоры (рисунок 1.1.2, в), а также рамного набора. Могут быть как прямолинейными, так и криволинейными [2].

Полотнища. Весьма распространенный тип узлов. Могут быть разделены на две подгруппы: плоские и гофрированные [2].

Объемные узлы небольшой протяженности. К ним относятся фундаменты, патрубки, коробки и пр. Узлы этой группы широко представлены на судах разных проектов и отличаются большим разнообразием в размерах и конструкции.

Прочие узлы. К ним могут быть отнесены сравнительно редко встречающиеся или немногочисленные узлы корпусных конструкций, например пиллерсы с кницами, рамки из полос и профилей, кронштейны различного вида, сварные изделия судовых устройств, узлы мачт и др.

Классифицируются секции судна по конструктивным признакам: днищевые, палубные, переборки, платформы, надстройки. Также классифицируются по конструктивным признакам таким как: плоскостные, палубные и объемные [1, 2].

Плоскостные секции — это те секции, у которых один из размеров в 15 и более раз меньше любого из двух оставшихся размеров [2]. Такие секции обычно состоят из плоского или криволинейного днища с погيبью с приваренным к нему балками набора различного сорта (рис. 1.1.3).

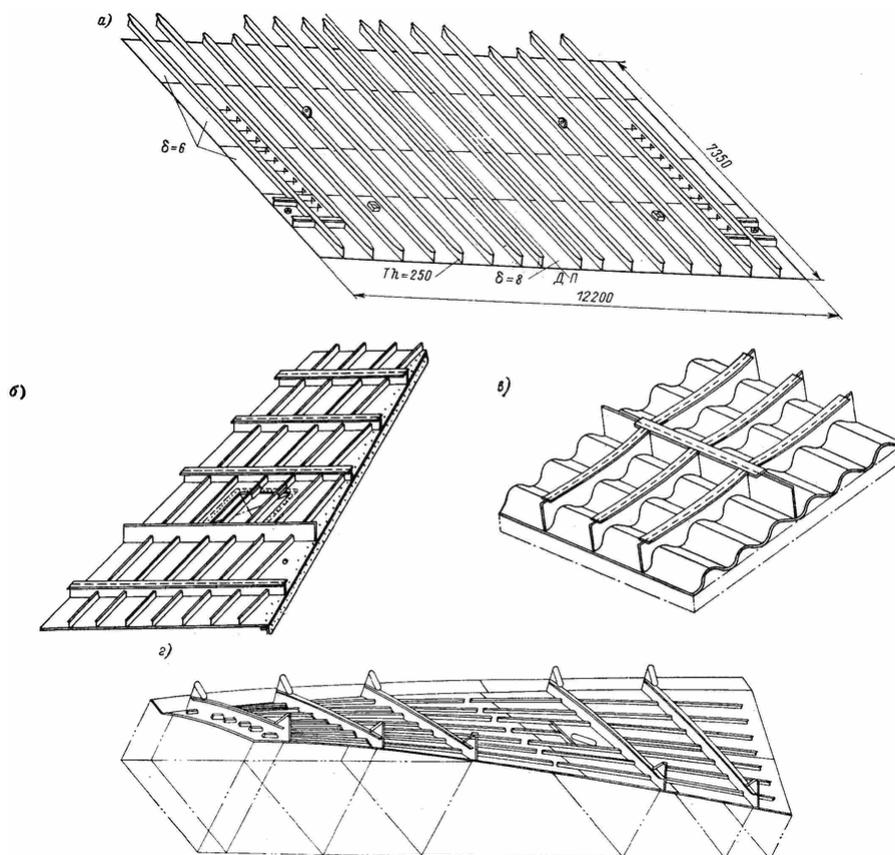


Рисунок 1.1.3 - Плоскостные секции: а — плоская секция с набором одного направления; б — то же с набором двух направлений; в — гофрированная секция с набором (переборка); г — бортовая секция с криволинейными обводами.

Полу-объемными и объемными секциями (рис.1.1.4) называют такие секции, у которых минимальный габаритный размер в 5 – 15 раз меньше любого из двух оставшихся. Однако, полу-объемные и объемные секции также могут быть открытыми и закрытыми. Закрытые секции имеют отсеки, которые ограничиваются корпусными перекрытиями не более чем по 5 граням. Также секции различают по форме ограничивающих поверхностей, ограниченные только плоскостями, ограниченные одной или двумя криволинейными поверхностями и т.д. [2]. Данная характеристика важна с точки зрения выбора технологии формирования секции. Мелкие секции, которые включаются при последующей сборке в состав более крупных секций называют подсекциями.

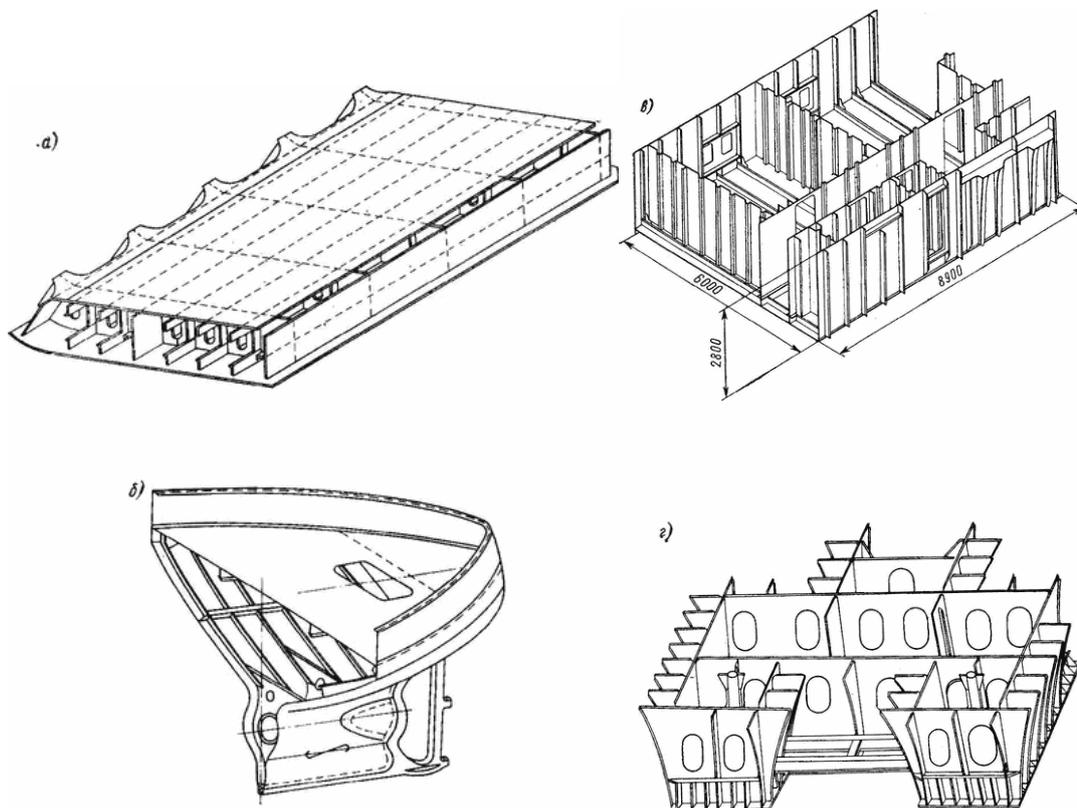


Рисунок 1.1.4 - Объемные секции: а — днищевая секция; б — секция кормовой оконечности; в — секция яруса надстройки (показана палубой вниз); г — фундамент под ГТЗА (в положении сборки).

Металлический корпус современного судна формируется на построечном месте из крупных частей - секций или блоками секций, которые предварительно изготавливаются в специальных сборочно-сварочных цехах.

Применение крупных сборочных элементов позволяет резко сократить стапельный период постройки судна за счет переноса значительного объема работ со стапелей в другие цехи.

Разбивка корпуса судна на секции или блоки производится конструкторским бюро при разработке технического проекта [2]. Размеры, масса и количество секций (или блоков), на которые делится корпус, определяются в зависимости от следующих факторов:

- заданного годового выпуска судов;

- производственных условий завода-строителя (грузоподъемность кранов и транспортных средств, высота и площадь пролетов сборочно-сварочного цеха, размеры ворот цеха, проездов и пр.);
- принятой технологии и организации постройки судна;
- конструктивных особенностей проектируемого судна (главные размещения и обводы корпуса, расположение переборок, палуб и пр.);
- возможности механизированного изготовления узлов и секций корпуса;
- возможности транспортировки секций на другие заводы (когда секции изготавливаются на одном заводе, а сборка и сварка корпуса в целом производятся на другом).

Принятый в проекте вариант разбивки изображают на специальном чертеже — схеме разбивки корпуса на секции (или блоки), которая согласовывается с заводом-строителем (рис. 1.1.5).

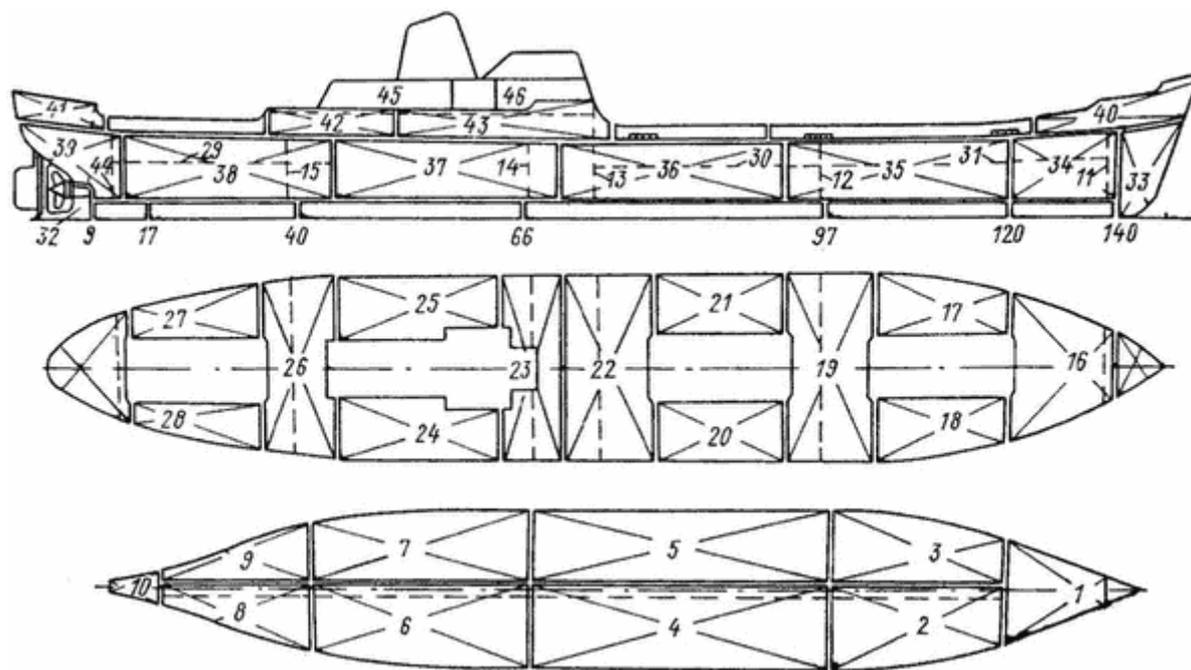


Рисунок 1.1.5 - Схема разбивки корпуса на секции. 1—46 — номера секций.

Массу секций средних и крупных судов в настоящее время доводят до 80—150 т, а размеры по длине до 15—20 м и ширине (высоте) — до 10—20 м. Масса блоков секций достигает 400—1000 т.

Предварительная сборка и сварка узлов и секций корпуса позволяет:

— сократить продолжительность постройки судов и прежде всего стапельный период за счет расширения фронта работ, так как параллельно со сборкой части корпуса на стапеле в сборочно-сварочном цехе ведется изготовление секций для других частей корпуса, производится установка насыщения на секциях, испытания на непроницаемость, грунтовка и другие работы;

— снизить трудоемкость изготовления корпусных конструкций и повысить производительность труда благодаря тому, что узлы и секции собираются и свариваются в положении, более удобном, чем на стапеле, позволяющем широко применять специальное сборочно-сварочное оборудование и оснастку для механизации изготовления основных типов узлов и секций корпуса;

— повысить качество корпусных конструкций и улучшить условия труда. Сборка и сварка узлов и секций производятся на специальных стендах, постелях и другой оснастке в условиях закрытых цехов, защищенных от атмосферных осадков и резких колебаний температуры, обеспеченных необходимым освещением и вентиляцией.

Для снижения продолжительности постройки судов некоторые сварочные работы производятся на специализированных конвейерных установках автоматической сваркой.

## **1.2 Химический состав и свойства конструкционных сталей**

Для изготовления конструкций корпусов судов используют углеродистые и низколегированные конструкционные стали обычной, повышенной и высокой прочности. При сварке плавлением качество сварных материалов и технология

сварки должны обеспечить прочность и вязкость металла сварного соединения не ниже, чем необходимо для исходного основного металла, при температуре до  $-65^{\circ}\text{C}$ . Для обеспечения требуемой стойкости сварных соединений против образования трещин стали с нормативным пределом текучести до 390 МПа должны иметь эквивалент углерода не более 0.43%, а с нормативным пределом текучести свыше 390 МПа - не более 0.45%. Расчет эквивалента углерода произведен по формуле 1:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}, \quad (1)$$

Где: С, Мп, Si, Cr, Ni, Си, V, P - массовые доли углерода, марганца, кремния, никеля, меди, ванадия и фосфора по результатам анализа. Необходимо учитывать, что при отсутствии в сертификатах на сталь сведений о содержании меди и ванадия расчет эквивалента углерода производится из условия содержания в прокате меди и ванадия в количестве 0.30% и 0.01% соответственно.

Для сварки днища резервуара, как пример выберем рекомендованную по нормативному документу сталь E40 (ГОСТ 5521-93), так как она широко распространена в сварных конструкциях и обладает хорошими для сварки свойствами [3].

Таблица 1.2.1 - Химический состав стали E40

С,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	Ni,%	Cu,%	V,%	P,%	Др. эл.
0,18	0,9-1,6	0,15-0,5	0,02	0,4	0,35	0,05-0,1	0,035	As $\leq$ 0,08

Коэффициент углерода по формуле (1):

$$C_{\text{ЭКВ}} = 0,18 + \frac{1,6}{20} + \frac{0,4}{15} + \frac{0,2 + 0,08 + 0,1}{10} = 0,325\%,$$

Эквивалент углерода примерно в два раза меньше допустимого значения (0,45 %), следовательно свариваемость стали E40 (ГОСТ 5521-93), хорошая, без ограничений.

Низколегированные стали относятся к разряду хорошо свариваемых. Однако наличие в них легирующих элементов дает возможность появления закалочных структур в зоне термического влияния, что при неблагоприятном сочетании других факторов может вызвать уменьшение стойкости ее против холодных трещин. Легирующие элементы могут снизить сопротивляемость швов горячим трещинам, усилить или ослабить последствия перегрева и склонность к хрупкому разрушению металла в зоне термического влияния и шве.

## **2 Материалы, оборудование, методы сварки и обработки, сварочные деформации**

При выполнении работ на строительной-монтажной площадке сварные соединения подвергают термической обработке следующими способами нагрева: электронагревателями сопротивления, индукционным, электронагревателями комбинированного действия, газопламенным и термохимическим [4].

Нагрев электрическими нагревателями сопротивления относится к радиационному способу. В этом случае теплоносителем является нагретый воздух. Тепло, выделяемое при прохождении тока по нихромовой ленте или проволоке, нагревает сварное соединение [4].

Индукционный способ термообработки заключается в нагреве сварного соединения на изделиях цилиндрической формы электрическим током, индуцируемым в металле переменным электромагнитным полем. Индукционный нагрев выполняется токами промышленной частоты 50 Гц и средней частоты — 400—8000 Гц. Нагрев током 50 Гц целесообразно применять для термообработки по режиму высокого отпуска сварных соединений труб с толщиной стенки более 40 мм. Нагрев токами средней частоты более экономичен и менее трудоемок [4].

Термообработка электронагревателями комбинированного действия как бы синтезирует оба названных способа, т. е. нагрев гибкими нагревателями сопротивления и индукционным током 50 Гц.

Газопламенный способ нагрева относится к термическому методу и заключается в нагреве соединения за счет тепла, выделяющегося при сгорании газовой смеси. В качестве горючего газа применяют ацетилен, пропан-бутановую смесь и другие, к которым добавляют кислород или воздух.

При термохимическом способе нагрева тепло, необходимое для нагрева, образуется при сгорании пакетов из экзотермических смесей, устанавливаемых

на сварное соединение. Эти смеси, в состав которых входят окислы алюминия, соединения серы и фосфора, дают при сгорании большое количество тепла [4].

## **2.1 Типы установок индукционного нагрева**

### **2.1.1 Среднечастотные индукционные установки**

Это установки, работающие на низких частотах. Частоты работы данного типа индукционных установок колеблется в пределах 0,5 – 20 кГц. Среднечастотные установки применяются в тех случаях, когда деталь нуждается в прогреве на максимально допустимую глубину. Следует отметить, что у среднечастотных индукционных установок глубина проникновения наиболее максимальная и может достигать до 10 мм. Чаще всего данный тип индукционных установок применяется при штамповке, плавке и закалке металла.

### **2.1.2 Высокочастотные индукционные установки**

Это установки, работающие на более высоких частотах, чем те, которые мы рассматривали выше. Частота работы данного типа индукционных установок 20-40, а в некоторых случаях достигает и до 30-100 кГц. Однако, сразу же стоит отметить, что глубина проникновения частот в металл здесь низкая и не превышает 3 мм. Увеличить глубину проникновения можно, если металл позволяет увеличить время его нагрева.

### **2.1.3 Сверхвысокочастотные индукционные установки**

Это установки, имеющие самую высокую частоту работы, но и самую низкую глубину проникновения. Частота работы от 100 кГц, а глубина проникновения не более 1 мм, если не увеличивать температуру. СВЧ установки применяются для поверхностной закалки металла.

## 2.2 Преимущества оборудования индукционного нагрева

При сравнении индукционный нагрев с альтернативные способами обработки металла то выделяется ряд преимуществ данного способа:

- **Высокая производительность.** Индукционный нагрев позволяет повысить производительность предприятия благодаря быстрому запуску установок и нагреву изделий за короткий промежуток времени. Нагрев происходит почти мгновенно после запуска установки. Нет необходимости предварительно нагревать или охлаждать оборудование.
- **Прочность конструкции.** Тепловая энергия, как уже было рассмотрено выше, образуется непосредственно в металле, что позволяет сохранить целостность изделия. При использовании индукционного нагревателя в производстве получается минимальное количество брака
- **Высокая энергетическая эффективность.** Индукционный нагреватель позволяет экономить электрическую энергию, используя лишь ее малое количество для образования мощного электромагнитного поля. Все ожидания после запуска установки сведены к минимуму, что так же экономит производственные ресурсы, и позволяет получить изделие с более низкой себестоимостью.
- **Автоматизированный рабочий процесс.** Благодаря программному обеспечению, установленному в индукционную установку, весь рабочий процесс может контролироваться автоматически, что дает возможность получения более точных результатов обработки
- **Чистая экология.** Индукционный нагрев безопасен с экологической точки зрения. Во время работы индукционной установки в воздух не выделяются никакие вредные вещества, а так как открытого пламени нет, то отсутствует и задымление. Индукционный нагреватель имеет высокий уровень пожаробезопасности. Поскольку, разогрев ведётся посредством электромагнитного излучения, отсутствует загрязнение заготовки продуктами горения факела в случае газопламенного нагрева, или материалом электрода в

случае дугового нагрева. Помещение образцов в атмосферу инертного газа и высокая скорость нагрева позволят ликвидировать окалинообразование.

- Удобство. Удобство эксплуатации за счёт небольшого размера индуктора. Индуктор можно изготовить особой формы — это позволит равномерно прогревать по всей поверхности детали сложной конфигурации, не приводя к их короблению или локальному непрогреву.

Термическая обработка сварных конструкций устраняет влажность поверхности, а, следовательно, способствует уменьшению растрескивания. Она улучшает последующее расплавление и осаждение металла шва. Это снижает развитие напряжений, способствуя равномерному расширению и сжатию между сварным швом и основным металлом. Одной из основных задач предварительного нагрева является замедление скорости охлаждения, обеспечивающей равномерную кристаллизацию металла сварочной ванны. Таким образом микроструктура металла будет иметь качественные механические свойства.

Индукционный положительно зарекомендовал себя на металлургических предприятиях, тем, что имеет широкий ряд преимуществ перед другими альтернативными способами нагрева металла.

Электричество передается напрямую в тело, нуждающееся в нагреве, благодаря этому нагрев происходит за довольно короткий промежуток времени. Если сравнивать установки ТВЧ с установками альтернативных вариантов нагрева, то они не могут прогреть деталь на нужную глубину так быстро, прогревая сначала поверхность.

Рабочий процесс может быть полностью автоматизирован, что поможет значительно увеличить объемы производимой продукции.

Индукционный нагрев позволяет улучшить условия труда на производстве. Во время работы установки нет дыма и никакого запаха горения. Корпус установки не нагревается, а потому рабочие будут комфортно чувствовать себя в цеху, даже во время работы установки ТВЧ.

Индукционный нагрев делает нагрев деталей качественным, предотвращая появление брака в производстве [4].

Индукционный нагрев, как и механическое выпрямление используются для выпрямления балок, подвергающихся усадке пластины. Механическое выпрямление требует больших, дорогих машин, которые производят технологические «морщины». Тепловое выпрямление требует, чтобы противоположная (верхняя) сторона балки была нагрета, что впоследствии вызывает компенсирующую усадку. Предполагается, что это компенсирует начальную усадку, вызванную процессом сварки, и может быть выполнено при нагреве пропановой горелкой. Оборудование для индукционного нагрева предлагает несколько преимуществ:

- Концентрированный нагрев обеспечивает более высокий эффект выпрямления;
- Уменьшается риск перегрева поверхности;
- Нет шума;
- Прямой нагрев луча приводит к меньшему нагреву окружающей среды;
- Нет токсичных паров;
- Подвод тепла контролируется;
- Контроль температуры нагрева;
- Отличная повторяемость;
- Подвод тепла может быть установлен автоматически (программируется).

Индукционный нагрев легко адаптируется к существующей линии. Требуемая мощность для системы индукционного нагрева для производства больших Т-лучей составляет приблизительно от 60 до 100 кВт (EFD: s Minac 60 или 100 Dual system). Рекомендуется использовать двойную систему (с двумя катушками), когда одна катушка нагрева используется одновременно на каждой стороне полотна.

Сбалансировав потребляемую мощность при температуре Кюри, эта система может быть «саморегулирующейся». Быстрый нагрев позволяет выполнять термическое выпрямление одновременно со сваркой, обеспечивая одностадийную производственную процедуру. Это очень экономически выгодно благодаря значительному сокращению рабочей силы и энергопотребления [4].

Когда переменный ток протекает через катушку, в металлическом объекте, размещенном внутри катушки, индуцируются вихревые токи. Тепло развивается там, где течет вихревой ток.

На другой стороне Т-образной балки одинаковая индукционная катушка с направляющими роликами нагревает ступицу

### 2.3 Автоматическая сварка под флюсом

Особенность процесса автоматической дуговой сварки под флюсом является применение непокрытой сварочной проволоки и гранулированного (зернистого) флюса [5]. Схема автоматической дуговой сварки под флюсом представлена на рис.2.5.1.

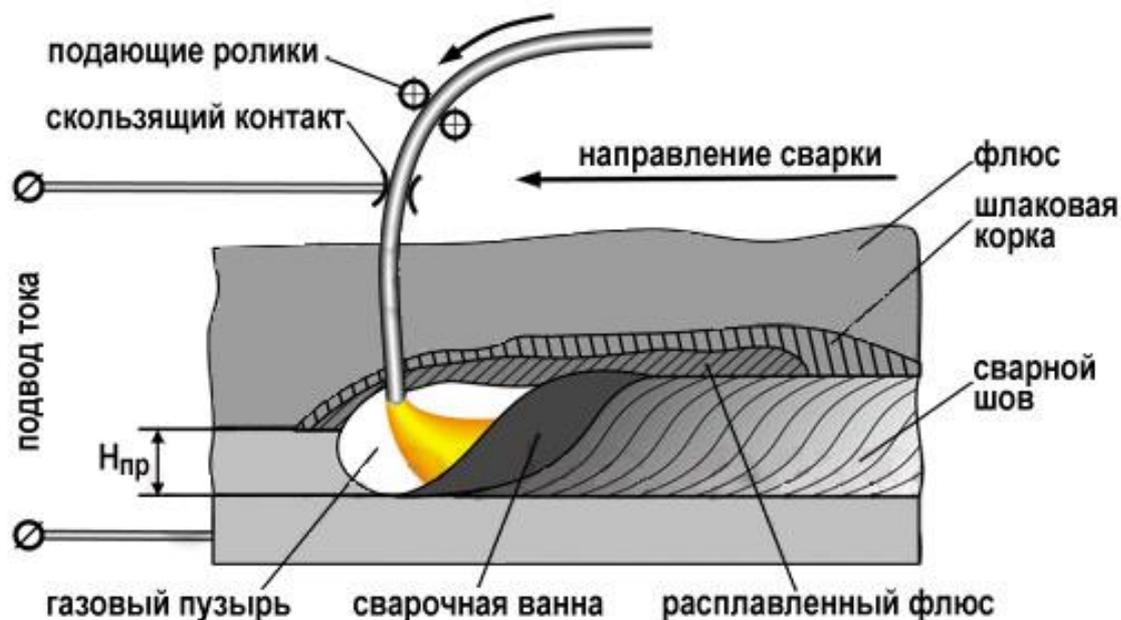


Рисунок 2.5.1 - Схема автоматической сварки под флюсом

Сварку ведут закрытой дугой, горячей под слоем флюса в пространстве газового пузыря, образующегося в результате выделения паров и газов в зоне дуги. Сверху сварочная зона ограничена пленкой расплавленного шлака, снизу - сварочной ванной. Дуга горит вблизи переднего края ванны, несколько отклоняясь от вертикального положения в сторону, обратную направлению сварки. Под влиянием давления дуги жидкий металл также оттесняется в сторону противоположную направлению сварки, образуя кратер сварочной ванны. Под дугой находится тонкая прослойка жидкого металла, от толщины которой во многом зависит глубина проплавления. Расплавленный флюс, попадающий в ванну, вследствие значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем защитного шлака [6].

Ещё одной особенностью сварки низколегированных сталей под флюсом заключаются в её проведении на постоянном токе обратной полярности. Сила тока при этом не должна превышать 800 А, напряжение дуги — не более 40 В. скорость сварки изменяют в пределах 13-30 м/ч. Одностороннюю одностороннюю сварку применяют для соединений толщиной до 8 мм и выполняют на остающейся стальной подкладке или флюсовой подушке. Максимальная толщина соединений без разделки кромок, свариваемых двусторонними швами, не должна превышать 20 мм. Для стыковых соединений без скоса кромок (односторонних или двусторонних) используют проволоку марки Св-10ГНА, так как швы в этом случае имеют излишне высокую прочность и применение более легированной проволоки для таких соединений нецелесообразно.

Достоинства дуговой сварки под флюсом:

- получение швов с высокими механическими свойствами;
- глубокое проплавление свариваемого металла;
- высокая производительность процесса.

Недостатки дуговой сварки под флюсом:

- трудность сварки деталей небольших толщин;

- невозможность выполнения швов в положении, отличных от нижнего;
- затруднено визуальное наблюдение за процессом.

## **2.4 Сварочные деформации при сварке**

Неравномерное нагревание металла при сварке вызывает соответственно неравномерное его расширение, вследствие чего деталь изменяет свою первоначальную форму и начинает коробиться (деформироваться). Это можно наблюдать при нагревании середины листа пламенем горелки. По мере нагрева металл под пламенем горелки будет стремиться расшириться, но этому препятствуют более холодные части листа, окружающие место нагрева. В результате нагреваемый участок начнет выпучиваться (деформироваться) вверх. Величина расширения металла и связанная с этим величина деформации зависят от температуры нагрева металла и его коэффициента линейного расширения [7].

Другой причиной, вызывающей деформацию сварного соединения, является усадка металла шва. Усадкой называется уменьшение объема металла при его остывании. При остывании металла шва после сварки объем уменьшается, что приводит к продольной и поперечной усадке шва. Если взять два листа, положить их параллельно и сваривать, то свободные кромки листов будут набегать друг на друга. Получается это в результате продольной усадки металла шва. Поперечная усадка шва приводит к деформации листов [7].

Если деформированию что-либо препятствует, то в шве и детали появляются так называемые внутренние напряжения. Эти напряжения в зависимости от степени нагрева, размеров и формы детали и количества наплавленного металла могут достичь настолько большой величины, что вызовут появление трещин в шве или в основном металле и даже разрушение сварного соединения в процессе эксплуатации [7].

## 2.5 Сварочные материалы и оборудование

### 2.5.1 Выбор сварочных материалов

Для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей под флюсом выбираем сварочную проволоку Св-10ГНА и флюс 48АФ-51.

### 2.5.2 Сварочная проволока для автоматической сварки под флюсом

Данная проволока предназначена для автоматической сварки под флюсом углеродистых сталей с пределом текучести 392-490 МПа, изготовление электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистой и низколегированной стали [7].

Таблица 2.5.2.1 - Химический состав сварочной проволоки Св-10ГНА, % ГОСТ 2246-70.

C,%	Mn,%	Si,%	S,%	P,%	Cr,%	Ni,%
<0,15	0,6-0,9	0,3-0,5	>0,03	>0,025	<0,20	0,6-0,9

В таблице 2.5.2.2 указаны механические свойства сварочной проволоки Св-10ГНА.

Таблица 2.5.2.2 - Механические свойства сварочной проволоки Св-10ГНА, % ГОСТ 2246-70.

Временное сопротивление разрыву, МПа	630
Относительное удлинение, % не менее	23
Предел текучести, МПа, не менее	580
Минимальное среднее значение твердости, HV	195

### 2.5.3 Сварочный флюс

Сварочный флюс предназначен, для автоматической сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых нелегированных и низколегированных сталей низколегированной проволокой марки Св-10ГНА [8]. При сварке под флюсом 48АФ-51 сварочная проволока и флюс 48АФ-51 одновременно

подаются в зону горения дуга, под воздействием теплоты которой плавятся кромки основного металла, электродная проволока и часть флюса 48АФ-51. Вокруг дуги образуется газовый пузырь, заполненный парами металла и материалов флюса. По мере перемещения дуги расплавленный флюс всплывает на поверхность сварочной ванны, образуя шлак. Расплавленный флюс 48АФ-51 защищает зону горения дуга от воздействия атмосферных газов и значительно улучшает качество металла шва [9, 10].

Таблица 2.5.3.1 - Химический состав флюса 48АФ-51, % ГОСТ 9087-81

SiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	CaF <sub>2</sub>	NaF
26,0-32,0	3,0-6,0	6,0-9,0	15,0-21,0	17,0-21,0	<0,1	<0,015	<0,012	12,0-18,0	3,0-8,0

#### 2.5.4 Автоматизированная сварочная установка «Corimrex BWM-TC-1500-500»

Сварочная установка состоит из двух линий для сварки балок, которые связаны с системой транспортировки от позиции «округления кромок» до конвейеров, находящихся на входе двух линий для сварки балок [11].



Рисунок 2.5.4.1 - Сварочная установка «Corimrex BWM-TC-1500-500»

Полка или балка Т – образного профиля, к которой необходимо приварить другую полку, чтобы получить балку I – образного профиля, вставляется в машину. Предварительная точечная сварка деталей не требуется, требуется только точечная сварка встык. Полка и стенка приваривается одновременно с двух сторон. Машина может изготовить балки симметричного или асимметричного сечения. Для изготовления некоторых профилей требуется многоточечная сварка. Для этого частично изготавливается балка переносится с разгрузочных конвейеров на загрузочные конвейеры для приварки других полок [11].

Машина состоит из нескольких основных узлов, которые, для большего понимания, указаны ниже и представлены на следующем рисунке 2.5.4.2. Цель этого является только графическое обозначение частей, составляющих линию, которые, тем не менее, могут отличаться по размерам, количеству и компоновке от фактической линии.

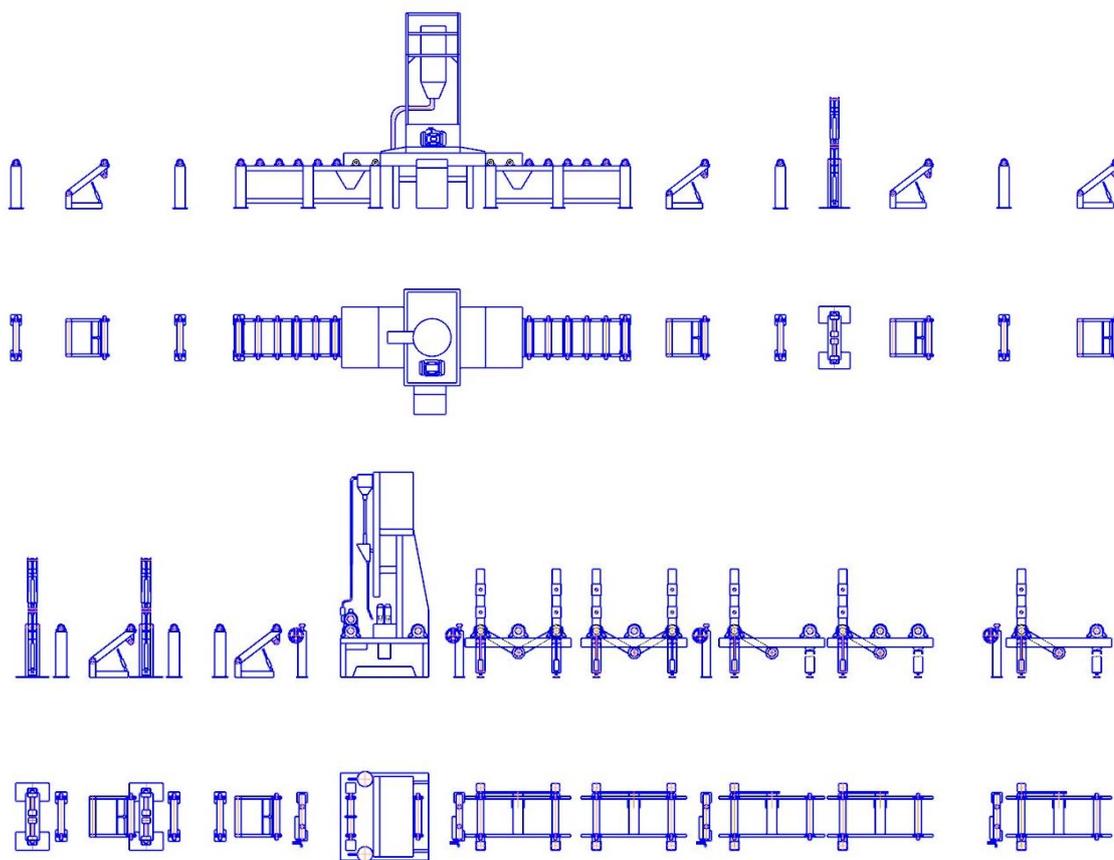


Рисунок 2.5.4.2 - Схема сварочной линии «Corimrex BWM-TC-1500-500»

Производственная линия включает в себя:

1. Приводные ролики
2. Дробеструйную установку;
3. Поперечный конвейер для передачи полок;
4. Машина для сварки балок 1500/500
5. Сварочные агрегаты Lincoln;
6. Тиски, зажимные губки, которые удерживают горизонтальную полку, перемещают ее в продольном направлении до тех пор, пока она не установится на одной линии со стенкой, которая удерживается магнитами. С помощью тех же тисков стенка устанавливается в центре полки;
7. Наклонный рычаг для подъема стенки;
8. Буферная зона;
9. Устройство регулировки полки;
10. Направляющие ролики установки уровня;
11. Приводные ролики для регулировки высоты;
12. Приводные ролики для регулировки высоты;
13. Гидравлические кантователи (одно-тавровая балка);
14. Панель управления.

Подробная схема сварочной линии приведена в приложении Б.

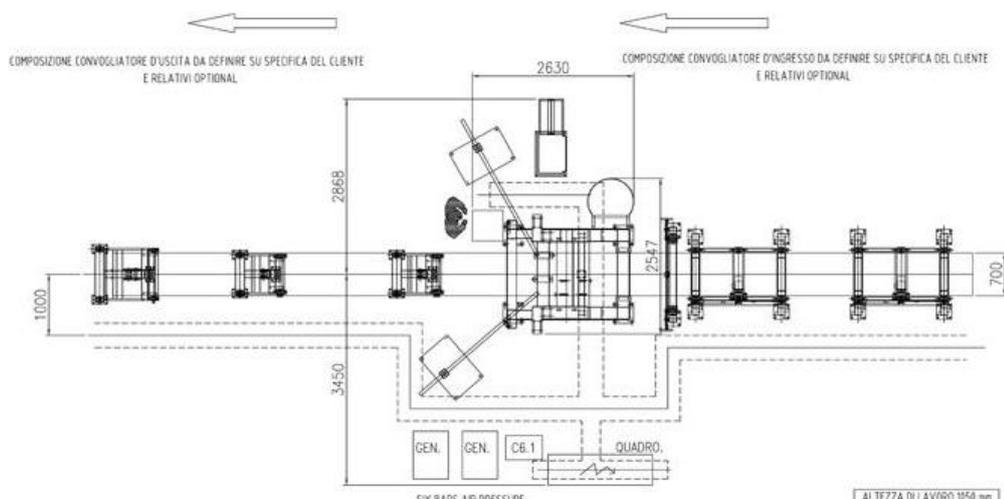


Рисунок 2.5.4.3 - Схема сварочной установки «Corimpex BWM-TC-1500-500»

Линия для сварки балок была разработана для изготовления металлических балок из полок. Минимальные и максимальные физические размеры и тип материала полок, которые могут использоваться, указаны в таблице 2.5.4.1.

Таблица 2.5.4.1 - Технические данные сварочной установки «Corimpex BWM-TC-1500-500»

Высота свариваемой стенки балки	100...1500мм
Толщина свариваемой стенки балки	8...30мм
Высота свариваемой полки балки	80...500мм
Толщина свариваемой полки балки	8...40мм
Максимальный вес балки	700 кг/м
Минимальный вес балки	540 кг/м
Минимальная длина балки	2000мм
Максимальная длина балки	22000мм
Высота для установки	5100мм
Коническая балка	Максимальный допустимый угол наклона 20 градусов
Сварка прихваточными швами	Не требуется. Только передний край должен быть приварен прихваточными швами
Диапазон скорости BWM во время сварки	0,15...2,5 м/мин
Скорость прокатки на загрузочном /разгрузочных конвейерах	12м/мин
Рабочее давление плунжера	80-120 МПа, регулируемое
Входное питание	3 фазы 400 В 50 Гц + нейтраль + заземление
Метод сварки	Двухдуговая 2х2,0 мм - размер проволоки
Тип балки сварной	Одно-тавровая балка; двутавровая балка; широкополочная балка

На поверхности полок не должно быть ржавчины или остатков от предыдущего процесса обработки, таких как остатки раскатки или остатки смазочно-охлаждающей жидкости, каламина и т.д. Поверхности должны быть максимально обработаны пескоструйным аппаратом. Все края фланцев должны быть без заусенцев, иначе это может повлиять на качество сварки.

Машина была разработана для обработки железных деталей (Fe360/430/510) с помощью системы дуговой сварки под флюсом, поэтому для обработки необходимо использовать предварительно обработанный флюс.

Линия для сварки балок рассчитана на управление минимум четырьмя операторами. Они устанавливают, запускают и контролируют производство на станциях, которые рассматриваются в данном разделе. В зависимости от модели линии, эти операции могут выполняться вручную (путем механического перемещения опор или подвижных частей), с помощью селекторов и кнопок, и сенсорных панелей.

Ссылаясь на следующую схему (рисунок 2.5.4.3), линия для сварки может быть разделена на части. Обратим внимание на то, что единственная цель данной схемы заключается в том, чтобы графически показать рабочие части машины. Точная схема размещения линии прилагается.

Идентифицируемые зоны:

1. Зона загрузки и входа: зона, где полка и стенка загружаются и регулируются так, чтобы они находились в правильном положении для выполнения сварки, и где выполняется точечная сварка;
2. Буферная зона: зона предназначена для очистки зоны ввода линии перед сварочным аппаратом.
3. Зона сварочной станции: линейная операционная центральная станция, где происходит сварка и последующее формирование балки.
4. Зона выгрузки: зона разгрузки машины.

### **2.5.5 Сварочная головка для сварки под флюсом NA-5**

Автоматические сварочные системы серии NA5 предназначены для работы с использованием как сплошной сварочной проволоки реализуемых на жестких и падающих вольтамперных характеристиках источника питания. Сварочное напряжение и скорость подачи проволоки выставляются перед сваркой и отображаются на цифровых индикаторах контрольного блока с

плавной регулировкой в процессе сварки [11]. После завершения сварки режим остается неизменным в течении любого времени, даже при повторном включении оборудования в начале следующей смены или следующего дня.

Данный комплект от компании LincolnElectric обеспечивает наилучшие характеристики сварного шва посредством применения различных режимов и методов сварки, использования одно- и дву- проволочной системы с диаметром проволоки 1,3-5,6мм, тем самым обеспечивается стабильная бесперебойная работа в процессе эксплуатации оборудования изображена на рисунке 2.5.5.1.

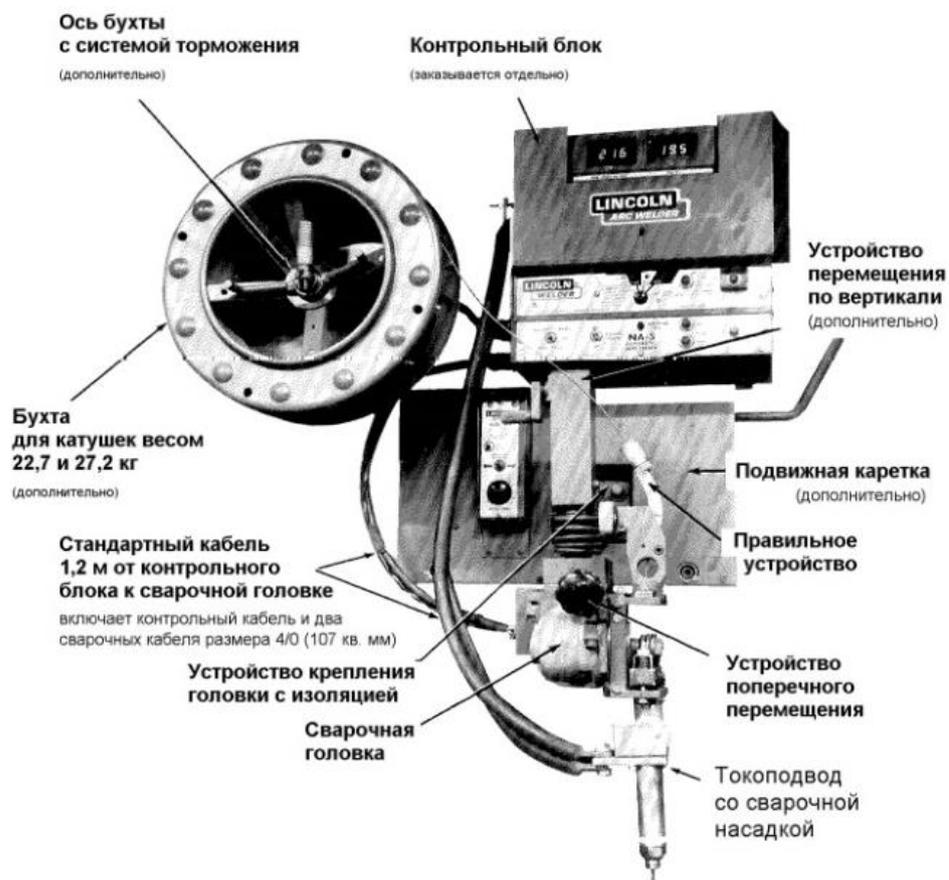


Рисунок 2.5.5.1 - Автоматическая сварочная головка NA-5 в сборе.

Таблица 2.5.5.1 - Технические характеристики сварочной головки под флюсом NA-5

Технические данные	NA-5
Сварочный ток макс.	1500 А
Диаметр проволоки	1,3...5,6 мм
Рекомендуемый источник тока	DC-1000
Скорость подачи проволоки	0,4-19,7 м/мин

## 2.5.6 Источник питания IdealArc DC-1000

Источник питания DC-1000 - универсальный сварочный трансформатор-выпрямитель, обеспечивающий как жесткие, так и падающие внешние характеристики. Дополнительно DC-1000 может работать в режиме ручной сварки штучным электродом, сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов, а также воздушной строжки угольными электродами диаметром до 3/8" (10 мм). Источник питания оборудован потенциометром плавной регулировки выходной мощности на всем ее диапазоне. DC-1000 рекомендуется к использованию со стандартными механизмами подачи сварочной проволоки производства компании LincolnElectric LN-7, LN-7GMA, LN-8, LN-9, LN-9GMA, LN-23P, LN-25, с автоматическими сварочными головками NA-3, NA-5 и NA-5R, и со сварочными тракторами LT-56 и LT-7 [11]. Внешний вид источника питания изображен на рисунке 2.5.6.1.



Рисунок 2.5.6.1 - Внешний вид источника питания DC – 1000

Таблица 2.5.6.1 - Характеристики дробеструйной установки УДП-100x1520-4/11П

Сеть питания	220/380/440/3/50-60
Диапазон сварочного тока	
Номинальная мощность	1000А/44А при 100% 1140А/45В при 60%
Потребляемый ток	193/96.5А 150-1300А
Габаритные размеры (ВxШxГ)	781 мм x 567 мм x 991 мм

### 2.5.7 Дробеструйная установка УДП-100x1520-4/11П

Внешний вид установки представлен на рисунке 2.5.7.1. Данная установка предназначена для дробеструйной обработки листового металла. Ширина обрабатываемого листа достигает до 1500мм. Также дробеструйная установка позволит придать обрабатываемую поверхность требуемую шероховатость.



Рисунок 2.5.7.1 - Дробеструйная установка УДП-100x1520-4/11П

Передвижение заготовок производится с помощью принимающего, а также подающего конвейера. Изделия укладывают на продольный роликовый рольганг. Дробеструйные устройства размещаются перпендикулярно к направлению движения изделий. После прохождения изделия через входное отверстие камеры, запускается подача дробы. Пылеобразивная смесь попадает через воронку камеры на собирающий винтовой конвейер, который падает дробь к ковшевому элеватору, поднимающему её к очистителю. Далее в сепараторе мелкие частицы загрязнений отделяются от крупных для дальнейшей обработки дробы. После чего очищенная дробь попадает в бункер. Из бункера дробь снова возвращается к дробеметным аппаратам при помощи дозировочных вентилях. Чтобы контролировать уровень абразива в бункере для этого устанавливаются датчик, который управляет ходом дробы по транспортным путям, что в свою очередь предотвращает переполнение абразива в бункере. Очистка должна

происходить в закрытой камере, чтобы обеспечить безопасность работников и чистоту в помещении. У данной установки присутствует улучшенная система сепарации абразива от крупных и мелких загрязнений, которая обеспечит минимальный расход смеси и более экономичную обработку [11].

Характеристики данной установки представлены в таблице 2.5.7.1.

Таблица 2.5.7.1 - Характеристики дробеструйной установки УДП-100х1520-4/11П

Тип двигателя:	электрический 380 В
Мощность:	4х11кВт
Мощность сепаратора абразива:	1,5 кВт
Расход воздуха:	0,2 м <sup>3</sup> /мин
Рабочее давление:	6 бар
Максимальная ширина обработки	1500 мм
Тип дробеметного аппарата:	МК-ОТ 360
Количество лопаток:	6 шт.
Скорость дроби:	65 м/с
Макс. производительность выброса	200 кг/мин

Особенности установки:

- - Гравитационный каскадный сепаратор абразива с вращающимся барабаном;
- - Индивидуальный подход при изготовлении;
- - Автоматизированная экономичная обработка.

### **3 Разработка технологии сборки и сварки двутавровой балки**

#### **3.1 Требования к квалификации сварщиков и технического персонала**

К руководству сварочными работами, контролю за соблюдением технологии и качества сварки допускаются ИТР, изучившие настоящую инструкцию, техническую документацию по сварке и контролю, чертежи. Квалификация сварщиков должна соответствовать характеру и виду выполняемых работ [12].

К выполнению сварочных работ и прихваток допускаются сварщики не ниже 3-го разряда, аттестованные по РД 5.0679-91 и имеющие действующее свидетельство о допуске сварщика к соответствующим сварочным работам оформленное согласно действующим требованиям Правил РС.

Сварщики должны иметь действующее аттестационное удостоверение по соответствующему способу сварки, не иметь медицинских противопоказаний к выполняемой работе.

К контролю качества сварных соединений тавровых балок допускаются специалисты не ниже 2-го квалификационного уровня в соответствии с СДСПНК РОНКТД и имеющие соответствующий сертификат.

#### **3.2 Требования к применяемому способу сварки**

Автоматическую сварку под флюсом на специализированной линии по изготовлению тавровых балок BWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Италия) допускается использовать только для тавровых балок длиной от 1500 до 12000мм, высотой стенки от 350 до 1200 мм при толщине стенки от 8 до 25 мм, шириной полки от 120 до 600 мм при толщине стенки от 8 до 40 мм, катет шва не должен превышать 0,7 толщин стенки, балки переменного сечения при максимальном угле 20 градусов. Возможность изготовления тавровых балок с

катетом, превышающим 0,7 толщин, является предметом рассмотрения отделом главного сварщика для каждого отдельного случая.

Автоматическую сварку под флюсом следует выбирать при длине изготавливаемой тавровой балки не менее 3 м.

Комбинацию автоматических и полуавтоматических методов сварки в одном сварном соединении допускается выполнять по согласованию с отделом главного сварщика.

Ручную дуговую сварку покрытыми электродами допускается применять только для выполнения прихваток.

Сборку и сварку тавровых балок следует выполнять на специально отведенных для этого участках в соответствии со схемой, разрабатываемой на заданный период времени.

### **3.3 Требования к основным и сварочным материалам**

К изготовлению тавровых балок допускаются сварочные материалы, имеющие сертификат завода изготовителя и свидетельство об одобрении сварочных материалов РМРС. Маркировка материалов должна соответствовать данным сопроводительной документации.

Сварочные материалы назначаются отделом главного сварщика в зависимости от категории (марки) стали, предназначенной для изготовления тавровой балки и принятого для их выполнения способа сварки.

Хранение и подготовку сварочных материалов выполнять в соответствии с инструкцией «О получении, хранении и выдачи сварочных материалов».

Поступающий материал должен проходить входной контроль на заводе. Сертификаты, поступающие вместе с материалом, передаются на хранение в ОТК.

Сварочные материалы (электроды, флюс, проволока) следует хранить в сухих отапливаемых помещениях в условиях, предохраняющих их от загрязнения, увлажнения и механических повреждений.

### **3.4 Требования к производственным условиям**

Сварка тавровых балок должна производиться в закрытых помещениях при температуре воздуха не ниже минимальной температуры окружающего воздуха для сварки без подогрева, согласованной с Регистром при одобрении технологических процессов сварки.

Подогрев кромок деталей на ширине 100 мм в обе стороны от шва, как минимум, до 20 °С должен производиться перед сваркой при температуре окружающего воздуха ниже – 10 °С для деталей соединений из полуспокойной стали.

Подогрев следует осуществлять со стороны соединения, подлежащего сварке в первую очередь.

### **3.5 Требования к подготовке кромок и сборке под сварку**

Детали, поступающие на сборку соединений для последующей сварки, должны пройти дробеструйную обработку, выправлены, замаркированы и приняты службой технического контроля [13].

Также детали должны иметь, как минимум, следующую маркировку: номер заказа, номер секции (номер чертежа, если деталь не состоит ни в одной из секций), номер детали согласно спецификации к чертежу.

Детали, поступившие на сборку с припуском, должны иметь соответствующую маркировку, указывающую величину припуска [13].

Внутренние и наружные металлические поверхности, а также свариваемые кромки подвергаются дробеструйной обработке абразивными материалами крупной и мелкой фракции подаются под высоким давлением.

Для дробеструйной операции используются металлические частицы фракций по восемь, десять и пятнадцать миллиметров. Лопастей дробеметной установки разгоняют частицы разных фракций до 60-100 м/с.

При подаче дроби происходит полное снятие жирных налетов, окалин, ржавого налета с поверхности металла и добиться необходимой шероховатости [13].

При использовании линии изготовления тавровых балок BWM-ТС 1200x600 обработку полки необходимо выполнять как со стороны выполнения сварного шва, так и со стороны контакта с заземляющим валом.

Закрепление стенки относительно полки тавровой балки при использовании линии по изготовлению тавровых балок BWM-ТС 1200x600 выполнять при помощи прихваткок. Прихватку выполнять с центруемого конца тавровой балки.

Прихватки нужно зачистить от шлака, металлических брызг и проверить внешним осмотром. Некачественно выполненные прихватки, а также прихватки с трещинами удалить. Для тавровых соединений с односторонним швом прихватки расположить со стороны, которые не подлежат сварке.

Зазоры под сварку, при выполнении сборки тавровых балок, выдерживать с помощью технологических закладных планок, толщина которых должна быть равна номинальному значению зазора под сварку, ширина 20 - 30 мм.

Удаление временных креплений для конструкций из низколегированных и углеродистых сталей должно выполняться посредством газовой резки и воздушно-дуговой строжки оставляя «гребешки» высотой не более 3 мм с последующей их зачисткой механическим способом заподлицо с основным металлом.

При этом величина утонения основного металла не должна превышать следующих значений:

- для толщин от 8 мм до 15 мм – 0,5 мм;
- для толщин от 15 мм до 25 мм – 0,6 мм.

Собранные под автоматизированные виды сварки балки должны быть предъявлены ОТК на соответствие требованиям чертежей, на отсутствие недопустимых дефектов в прихватках и основном металле.

### 3.6 Допуски на размеры, форму оснастки, деталей, узлов, тавровых балок, деформации и габаритные размеры

Данные по допустимым отклонениям представлены на основании требований ОСТ5.9324, ОСТ5Р.9613-84, ОСТ5.9079-80 и ОСТ5Р.9091-2002 и сведены в табл. 3.6.1

Таблица 3.6.1 - Данные по допустимым отклонениям тавровых балок

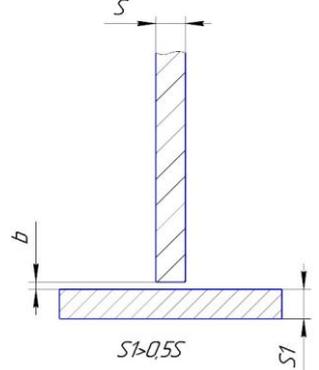
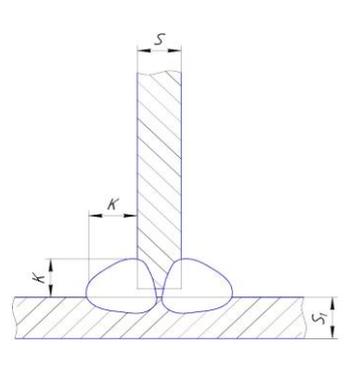
№ п/п	Наименование контролируемых параметров	Допустимое отклонение не более, мм	Приспособление и инструмент
1	Оснастка - горизонтальность стенда,  - плоскостность рабочей поверхности: для новых стендов, для эксплуатируемых стендов.	0,001L, но не более 8,0 мм на всю длину (ширину) 3,0 на 1 м, но не более 10,0 на длину(ширину) 0,003В, но не более 20,0 на длину (ширину) стенда	Шланговый ватерпас,  Линейка, нитка, шланговый уровень  Линейка, нитка, шланговый уровень
2	Габаритные размеры листовых деталей при длине (ширине):  до 1,0 м от 1,0 м до 4,0 м,  свыше 4,0м	$\pm 1,0$ $\pm 2,0$ $\pm 2,5$	Рулетка
3	Разность диагоналей листовых деталей	$\pm 2$	Метр, рулетка
4	Прямолинейность кромки детали при длине:  до 3,0 м Свыше 3,0 м	0,5 1,0	Рулетка, нить, метр

№ п/п	Наименование контролируемых параметров	Допустимое отклонение не более, мм	Приспособление и инструмент
5	Плоскостность листовых деталей: при длине: до 0,5 м от 0,5 до 1,0 м при толщине: от 3 до 6 мм  от 6 до 14 мм  свыше 14 мм	1,0 на размер детали 1,5 на размер детали 2,5 на 1 м, но не более 10 мм 2,0 на 1 м, но не более 10 мм 1,5 на 1 м, но не более 10 мм	Нитка, метр
6	Отклонение тавровых узлов, профилей от прямолинейности или заданной кривизны: - местные отклонения на длине 1,0 м - отклонение по всей длине в плоскости стенки или полки - бортовые ветви шпангоутов - стрингера	$\pm 2,0$ 3,0  4,0 6,0	Линейка, нитка, метр  Проверочная плита, метр, нитка -//-/-
7	Несимметричность поясков таврового набора относительно стенок.	$\pm 2,0$	Метр, линейка
8	Грибовидность пояска	$2 + b/100$ , b – ширина пояска	Линейка, метр
9	Прямолинейность в плоскости стенки $f_c$ и в плоскости пояска $f_{п.}$	2,0 на 1 м, но не более 8,0 на всю длину	Линейка, нить

### 3.7 Расчет режимов сварки

Расчет начнем с того, что рассчитаем площадь наплавленного металла (площадь сечения) [14]. Имея эскиз сварного соединения (ТЗ) и опираясь на ГОСТ - 8713-79 мы имеем следующие данные:  $S=16$  мм;  $K=10$  мм;  $e = 14,1$  мм;  $g = 2$  мм.

Таблица 3.7.1 - Эскиз сварного соединения ТЗ

Конструктивные элементы		Способ сварки	S, мм	b, мм
Подготовленных кромок	Сварного шва			
		АФ; МФ.	3	$0^{+0,8}$
			св. 3 до 5	$0^{+1}$
			св. 5 до 40	$0^{+1,5}$

Имея все исходные данные, которые нужны для расчета наплавленного металла, можем приступить к расчетам через формулу (3):

$$Fn = (K \cdot g + \frac{K^2}{2}) = 10 \cdot 2 + 50 = 70 \text{ мм} \quad (2)$$

Теперь имея величину площади наплавленного металла, можно приступить к основным расчетам параметров сварки. Определим расчетную глубину проплавления при автоматической сварке через формулу (4).

$$hp = 0,7 \cdot K = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мм} \quad (3)$$

$$I_{св} = \frac{hp}{k_1} \cdot 100 = \frac{7}{1,25} \cdot 100 = 560 \text{ А} \quad (4)$$

После расчетов силы сварочного тока, рассчитаем диаметр сварочной проволоки используя данные из таблицы 8.1 по формуле (6).

$$dэ = K_d \cdot Fn = 0,036 \cdot 70 = 2,52 \text{ мм} \quad (5)$$

Таблица 3.7.2 - Значение коэффициента  $K_d$  для автоматической сварки под флюсом.

Род тока	Значение коэффициента $K_d$ для автоматической сварки
Переменный	0,036...0,160
Постоянный	0,040...0,173

Рассчитав диаметр сварочной проволоки, можно перейти к расчёту значения плотности тока  $J$  по формуле (7).

$$J = \frac{4I_{CB}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 560}{3,14 \cdot 3^2} = \frac{2240}{28,26} = 79 \text{ A / мм}^2 \quad (6)$$

После определения плотности тока, рассчитаем скорость сварки  $V_{CB}$  по формуле (8).

$$V_{CB} = \frac{\alpha_h \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \rho \cdot F_k} = \frac{14,3 \cdot 560}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,70} = \frac{8008}{19656} = 0,4 \text{ см / с} \quad (7)$$

Где,  $\alpha_h$  - коэффициент наплавки,  $\rho$  - плотность основного металла, 7,8.

Величина  $\alpha_h$  рассчитывается по формуле (9).

$$\alpha_h \sim \alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot d(-1,505) = 6,8 + 0,0702 \cdot 560 \cdot 0,19 = 14,3 \quad (8)$$

$V_{CB}$  должна находится в пределах от 0,4...1,6. Как показали расчеты, именно в этом диапазоне мы и находимся. Теперь рассчитаем  $U_g$  по формуле (10).

$$U_g = 20 + 0,05 \frac{I_{CB}}{\sqrt{d_3}} = 20 + 0,05 \cdot 329,4 = 36,47 \quad (9)$$

Теперь рассчитаем погонную энергию сварки  $q_n$  по формуле (11)

$$q_n = \frac{I_{CB} \cdot U_g \cdot \eta}{V_{CB}} = \frac{560 \cdot 36,47 \cdot 0,8}{0,4} = \frac{16338,8}{0,4} = 40846,5 \quad (10)$$

где  $g$  - эффективный КПД дуги,  $\eta = 0,8...0,85$ .

После расчетов погонной энергии, проведем расчет коэффициента формы провара от основных параметров режима сварки по формуле (12)

$$\Psi_{PP} = K' \cdot (19 - 0,01) \cdot I_{CB} \cdot \frac{d_3 \cdot U_g}{I_{CB}} = 0,9 \cdot 13,4 \cdot 0,2 = 2,4 \quad (11)$$

При токе обратной полярности:

Если  $j \leq 120$ , то  $K' = 0,367 \cdot j \cdot 0,1925 = 0,367 \cdot 2,32 = 0,9$

Теперь имея расчет коэффициента формы провара, проверим глубину проплавления  $h$  по формуле (13).

$$h = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi_{PP}}} = 0,076 \cdot 130,5 = 7,7 \text{ мм} \quad (12)$$

Если  $h$  отличается от значения  $h_p$  более чем на 10 % следует внести коррективы уменьшить или увеличить значение  $I_{CB}$ .

Рассчитаем скорость подачи сварочной проволоки по формуле (14)

$$V_{n.n} = \frac{4 \cdot V_{CB} \cdot F_K}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 70}{3,14 \cdot 9} = 4 \text{ см / с} = 2,4 \text{ м / мин} \quad (13)$$

После расчетов скорости подачи проволоки, проведем расчеты вылета сварочной проволоки по формуле (15)

$$l_3 = 10 \cdot d_3 \pm 2d_3 = 10 \cdot 3 \pm 2 \cdot 3 = 30 \pm 6 \text{ мм} \quad (14)$$

### 3.8 Сварка тавровых балок

Сварку тавровых балок необходимо выполнять в соответствии с СПС, разработанными на данный способ сварки.

В спецификации процесса сварки должны быть указаны:

- конструктивные элементы подготовленных кромок и их размеры;
- геометрические параметры сварного шва;
- марка свариваемого материала;
- марка присадочного материала;
- допустимый диапазон режимов сварки;
- требования к подготовке сварочных материалов;
- требования к температуре окружающей среды и температуре предварительного подогрева;
- марка электродов, применяемая для прихваток;

Таблица 3.8.1 Конструктивные элементы и размеры тавровых соединений типа Т8 по ГОСТ 8713-79 (с учетом требований ТИ 33-18-2017)

Конструктивные элементы		S, мм	l, мм	q, мм
Подготовленных кромок	Сварного шва			

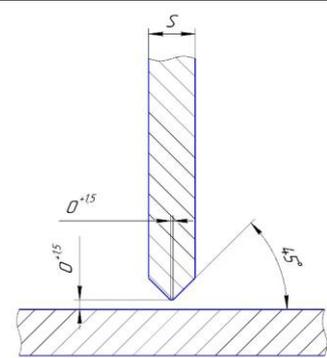
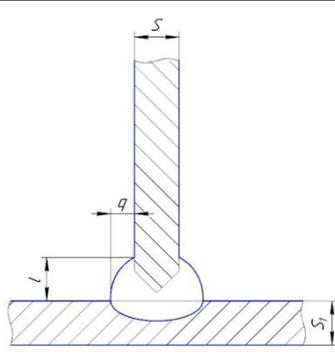
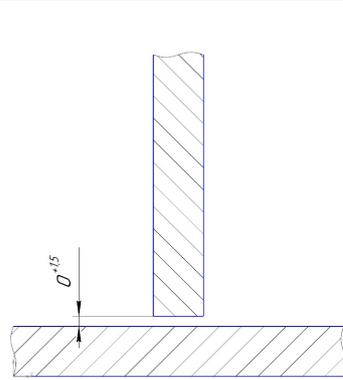
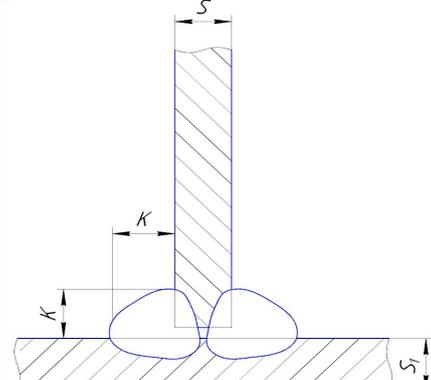
		18 - 22	$20^{+5}_{-2}$	$5^{+3}$
---	--	---------	----------------	----------

Таблица 3.8.2 - Конструктивные элементы и размеры тавровых соединений типа ТЗ по ГОСТ 8713.

Конструктивные элементы		S, мм	K, мм
Подготовленных кромок	Сварного шва		
		8, 10	$8^{+3}_{-1}$
		11, 12	$10^{+3}_{-1}$
		13, 14	$12^{+3}_{-1}$ $14^{+3}_{-1}$
		16	$14^{+3}_{-1}$
- Соединение с конструктивным непроваром в корне шва.			

Автоматическую сварку под флюсом следует производить на режимах, приведенных в табл. 3.8.3.

Таблица 3.8.3 - Режимы автоматической сварки под флюсом на линии сварки тавровых балок.

№ п/п	Тип шва по ГОСТ 8713-79	№ прохода	Горелка	Ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки*, см/мин	Погонная энергия, кДж/мм
1	ТЗ-k8	1	Ведущ.	630-680	28-31	40-45	2,2-3,0
			Ведом.	630-680	27-31		2,2-3,0

2	ТЗ-k10	1	Ведущ.	630-680	29-32	40-45	2,3-3,1
			Ведом.	630-680	29-32		2,3-3,1
		2	Ведущ.	450-630	26-29	55-75	0,9-1,8
			Ведом.	450-630	26-29		0,9-1,8
3	ТЗ-k12	1	Ведущ.	650-750	29-31	35-45	2,4-2,9
			Ведом.	650-750	29-32		2,4-3,0
		2	Ведущ.	550-670	29-35	55-70	1,3-2,4
			Ведом.	550-670	29-35		1,3-2,4
		3	Ведущ.	550-670	29-35	60-85	1,1-2,2
			Ведом.	550-670	29-35		1,1-2,2
4	ТЗ-k14	1	Ведущ.	650-750	29-31	40-45	2,7-2,9
			Ведом.	650-750	29-32		2,7-2,9
		2	Ведущ.	630-680	32-36	55-70	1,6-2,5
			Ведом.	630-680	32-36		1,6-2,5
		3	Ведущ.	650-750	29-31	70-80	1,3-1,9
			Ведом.	650-750	29-32		1,3-2,0
5	Т8	1	Ведущ.	700-780	29-32	45-55	2,1-3,1
			Ведом.	700-780	29-32		2,1-3,1
		2	Ведущ.	600-660	28-31	50-60	1,6-2,3
			Ведом.	600-660	27-30		1,6-2,3
		3	Ведущ.	500-560	28-31	55-65	1,2-1,8
			Ведом.	500-560	27-30		1,2-1,8
		4	Ведущ.	500-560	27-30	55-65	1,2-1,75
			Ведом.	500-560	27-30		1,2-1,75
		5	Ведущ.	480-540	27-30	65-85	0,9-1,42

			Ведом.	480-540	29-30		0,9-1,42
--	--	--	--------	---------	-------	--	----------

Угол наклона электрода к вертикальной стенке должен быть в пределах 25 – 60°.

Начало и конец шва длиной не менее 50 мм следует выводить на технологические планки размером 100x150 мм. Разделка кромок на планках должна соответствовать разделке кромок сварного соединения.

Толщина выводных планок должна быть равна толщине свариваемых деталей соединения. Допускается применение планок меньшей толщины для соединений толщиной более 20 мм.

Допускается выводные планки не ставить. При этом концы швов должны быть заварены механизированной сваркой в защитных газах.

Для обеспечения непрерывного прижима стенки верхним роликом установки WWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Италия) при сварке балок, стенки которых имеют вырезы для прохода перекрестного набора, поверх стенки устанавливать ребро (полосу) из металла толщиной, равной толщине стенки и высотой не менее 100 мм. Фиксацию полосы к стенке выполнять с использованием направляющих согласно рисунку 3.8.2.

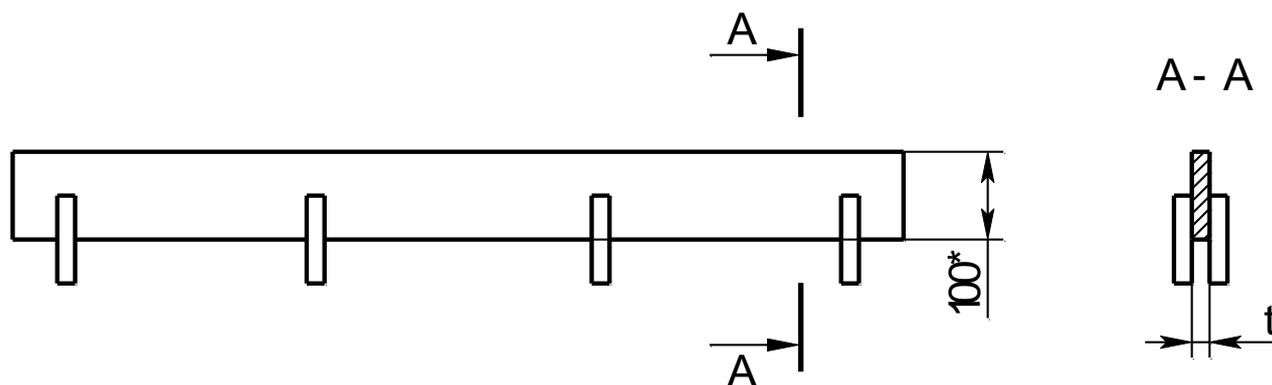


Рисунок 3.8.2 - Вспомогательное ребро для прижимного ролика установки WWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Италия); \* размер для справок; t – толщина стенки тавровой балки;

В процессе сварки межваликовая температура не должна превышать 250 °С для низколегированных сварочных материалов. Температуру контролировать контактным способом с использованием термокарандаша или бесконтактным способом с использованием пирометра.

После выполнения каждого слоя (прохода) и сварного соединения в целом необходимо производить зачистку металла шва и околошовной зоны с целью удаления шлака и металлических брызг.

При многослойной сварке начало и конец каждого слоя в шве должны быть смещены относительно предыдущего слоя на величину от 20 до 30 мм в сторону, противоположную направлению сварки.

Стыкуемые при сборке в объем края тавровых балок недovarивать на расстоянии 200 - 300 мм.

Все сварные швы подлежат маркированию, позволяющему установить сварщика, выполнявшего эти швы. Сварной шов должен быть зачищен и промаркирован сварщиком, присвоенным ему номером или знаком (клеймом). Клеймо наносить несмываемой краской белого цвета по центру стенки тавровой балки на расстоянии 20 – 50 мм от зоны сплавления сварного шва.

### **3.9 Расчет расхода сварочных материалов**

Для определения количества сварочных материалов на тавровое соединение длиной до 4 м, толщиной листов 16 мм, необходимо определить максимальное сечение сварного шва.

Объем сварного шва рассчитывается исходя из площади поперечного сечения шва и его длины [15].

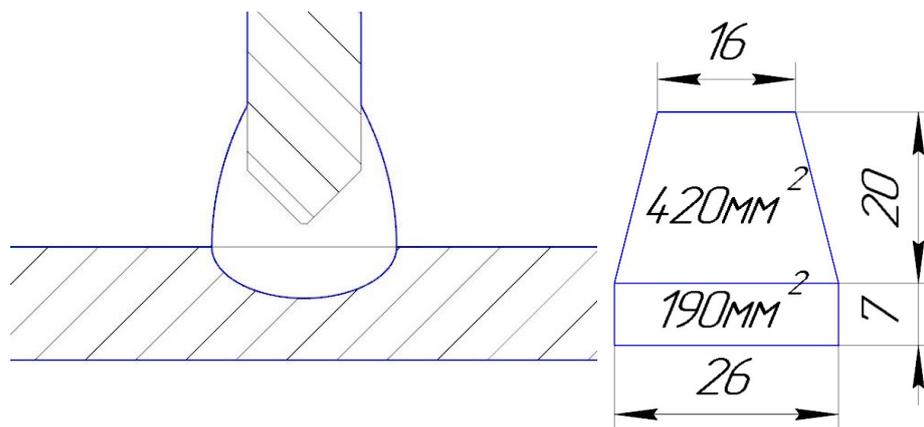


Рисунок 3.9.1 - Объем сварного шва

Объем такого сварного шва высчитывается следующим образом:

$$V = (420\text{мм}^2 + 190\text{мм}^2) \cdot 4000\text{мм} = 2440000\text{мм}^3 = 2440\text{см}^3; \quad (15)$$

Площадь поперечного сечения проволоки диаметром 3 мм:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,065\text{мм}^2 = 0,07065\text{см}^2; \quad (16)$$

Определим требуемую длину проволоки:

$$l = \frac{V}{S} = \frac{2440\text{см}^3}{0,07065\text{см}^2} = 34536\text{см} = 345,36\text{м}; \quad (17)$$

Исходя из характеристик при скорости подачи проволоки 2,4 м/мин, расход проволоки 1,6 кг/час. Таким образом определим вес 2,4 м проволоки:

$$\frac{2,4\text{м}}{1\text{мин}} \sim \frac{1,6\text{кг}}{60\text{мин}} \Rightarrow 2,4\text{м} \sim \frac{1,6\text{кг} \cdot 1\text{м}}{60\text{мин}} = 0,027\text{кг};$$

Следовательно, 1 метр проволоки будет примерно иметь вес 0,01125 кг.

Исходя из этого рассчитаем общую массу сварочной проволоки:

$$m_{\text{св.пров}} = 345,36\text{м} \cdot 0,01125\text{кг} = 3,9\text{кг}; \quad (18)$$

Таким образом, для сварки 4 метрового соединения потребуется 3,9 кг проволоки. Вес одной кассеты составляет 6,35 кг. Следовательно, хватит одной кассеты для выполнения данной работы.

### 3.10 Подготовка сварочных материалов

Поступающий металлопрокат должен быть принят по ГОСТ 7566-94 и иметь действующий сертификат качества. Маркировка на металле должна соответствовать данным сертификата.

К изготовлению тавровых балок допускаются сварочные материалы, имеющие сертификат завода изготовителя, соответствующие требованиям нормативных документов и прошедшие проверку на содержание водорода в соответствии с РД 5.90.2362-85. Маркировка материалов должна соответствовать данным сопроводительной документации.

Хранение и подготовку сварочных материалов выполнять в соответствии с инструкцией РД 34.10.124-94 «Инструкция по подготовке и хранению сварочных материалов».

Прокалка сварочных материалов должна производиться по режимам, указанным в таблице 3.10.1 с охлаждением при закрытых дверцах печи до температуры не более 200 °С, продолжением охлаждения с печью при открытых дверцах до температуры не выше 150 °С и выдачей на воздух.

Таблица 3.10.1 - Режимы прокалки сварочных материалов.

Наименование и марка материала	Температура в печи при загрузке материала, °С, не более	Скорость подъема температуры, °С/ч	Температура прокалки, °С	Время выдержки при температуре прокалки, ч, не менее
Флюс 48 АФ-51	150	100 - 200	430-470	1

Сварочные материалы (флюс, проволока) следует хранить в сухих помещениях в условиях, предохраняющих их от загрязнения, увлажнения и механических повреждений.

Сварочные материалы, не использованные сварщиком в течение рабочего дня, вместе с этикеткой (биркой) следует сдавать, и могут быть использованы в соответствии с требованиями таблицы 3.10.2.

Таблица 3.10.2 Срок годности материалов после прокалки

Марка (наименование) материала	Срок годности при хранении, сутки		
	В электродных кладовых с температурой не менее 17 °С и относительной влажностью воздуха не более 50%	В сушильных шкафах с температурой от 50 °С до 150 °С	В герметичной таре с влагопоглощающими реагентами
Флюс 48 АФ-51	7	15	30
Примечание: в случае вскрытия герметичной тары срок годности сварочных материалов ограничивается до сроков годности в электродных кладовых.			

### 3.11 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений после сварки

Уменьшение внутренних напряжений и деформаций при сварке является важнейшей задачей для конструкторов и проектировщиков

Эту задачу можно решить с помощью индукционного нагрева конструкции перед сваркой.

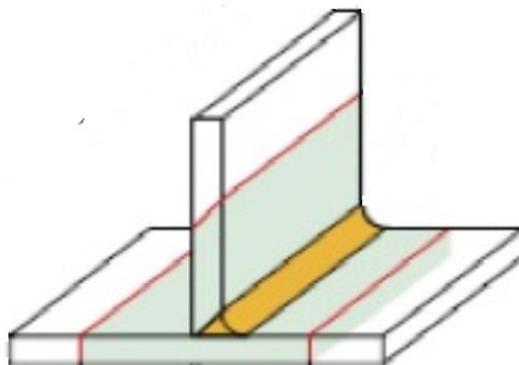


Рисунок 3.11.1 - Зона нагрева тавровой конструкции

Принцип действия индукционного нагрева заключается в образовании мощных токов разной частоты с помощью генератора, в процессе чего вокруг индуктора возникает электромагнитное поле. Именно оно создает вихревые токи, которые разогревают поверхностный слой заготовки. При высокой частоте вихревые токи вытесняются образованным ими же магнитным полем в поверхностные слои изделия, в результате этого их плотность возрастает, и заготовка нагревается. Нижние слои металла нагреваются за счет теплопроводности. Глубина проникновения вихревых токов зависит от частоты: чем частота выше, тем поверхностный слой, куда проникают вихревые токи тоньше.

Нагрев токами высокой частоты получается качественным и равномерным, поэтому его применяют для совершения множества операций, связанных с тепловой обработкой металла. Индукция имеет немало преимуществ, которые выводят данный вид тепловой обработки на уровень выше конкурирующих:

1. В индукционном оборудовании изделие нагревается до нужной температуры гораздо быстрее. ТВЧ установка способна за короткий промежуток времени раскалиться до заданной температуры и начать процесс тепловой обработки металла. Скорость нагрева индукционного оборудования 100-250 градусов в секунду.

2. Нагрев деталей, позволяет укреплять физические свойства металла и сделать их прочнее. Перед сваркой нагрев деталей позволяет ослабить напряжение металла и сделать конструкцию более устойчивой.

3. Индукционный нагрев деталей позволяет производить обработку изделий без использования вредных химических веществ.

4. ТВЧ установки являются экологически чистыми и во время работы полностью безопасны для сотрудников предприятия.

5. Изделия, прошедшие обработку в индукционном оборудовании, имеют более высокий срок эксплуатации.

б. С помощью индукционного нагрева можно обрабатывать как детали симметричного сечения, так и детали сложной формы.

Индукционный нагрев изделий полезен, и он ничем не портит деталь. На поверхности металла не образуются сколы или окалины, а также нет следов масла.

Также, основными способами уменьшения деформации тавровых балок в процессе их изготовления на установке для сварки тавровых балок ВWM-ТС 1200x600 CORIMPEX являются:

а) Использование устройства правки грибовидности;

б) Гидравлические прижимы центровки стенки относительно полки изготавливаемой тавровой балки;

Использовать предварительный выгиб балки в сторону, противоположную ожидаемой деформации не допускается из соображений безопасности.

Изготовленные тавровые балки имеющие деформации превышающие допустимые нормы подлежат правке холодным методом на прессах, тепловым безударным или комбинированным методом в соответствии с РД 5.9621 «Корпуса металлических судов. Правка сварных корпусных конструкций. Основные положения.».

Для исправления продольного изгиба балки нагрев необходимо начинать посередине длины балки, от центральной ее оси, и вести в направлении к выгнутой кромке стенки (рисунок 3.11.2), расширяющейся полосой («треугольником»). Вершина «треугольника» у центральной оси должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 3.11.1, основание – удвоенной величине этих значений.

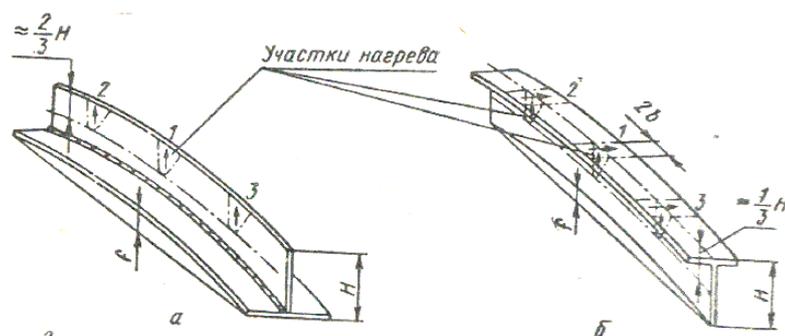


Рисунок 3.11.2 - Схема правки продольного изгиба тавровых балок

а) изгиб балок на пояс; б) изгиб балок на стенку.

Ширина полос нагрева по пояску тавровой балки (рис.3.11.2, б) должна равняться удвоенной величине, приведенной в таблице 3.11.1.

Таблица 3.11.1 - Ширина штрихов (полос)  $b$  и диаметр пятен  $d$  нагрева при правке тепловым безударным и комбинированным методами

Материал	Толщина материала, мм			
	Свыш е 6 до 10	Свыше 10 до 15	Свыше 15 до 20	Свыш е 20
Углеродистые и низколегированн ые стали	25-30	30-35	35-40	2t

При продольном изгибе балки нагрев полосами необходимо вести в следующей последовательности: первую полосу нагрева располагать посредине длины балки, последующие две на расстоянии одной четверти длины балки от торцевых кромок и, при необходимости дальнейшей правки, каждые последующие полосы нагрева располагать между предыдущими.

Количество полос нагрева необходимо увеличивать до тех пор, пока кривизна (стрелка прогиба) балки не уменьшится до допустимой величины.

Для уменьшения количества нагревов рекомендуется правку общего изгиба балок производить с предварительным упругим выгибом балок на величину, равную полученным сварочным деформациям.

При комбинированном методе правки балок судового набора дополнительную подсадку металла следует производить с помощью груза, закрепления или других приспособлений (рисунок 3.11.3).

При высоте стенки тавровой балки, большей 25 ее толщин, перед нагревом «треугольниками» необходимо устанавливать удаляемое ребро жесткости на скобах вдоль свободной кромки стенки для предупреждения дополнительного выпучивания или излома стенки (рисунок 3.11.4). В исключительных случаях, если установить ребро жесткости невозможно, то нагрев необходимо производить штрихами, а выход стенки из плоскости (излом) допускается предотвращать ударами кувалдой с применением стальной поддержки, облицованной медью. Ширина штрихов нагрева должна соответствовать значениям, приведенным в таблица 3.11.1.

Если балка одновременно имеет изгиб в двух плоскостях (в плоскости стенки и плоскости пояска), первоначально следует производить правку в плоскости большей жесткости (обычно в плоскости стенки), а затем в плоскости меньшей жесткости.

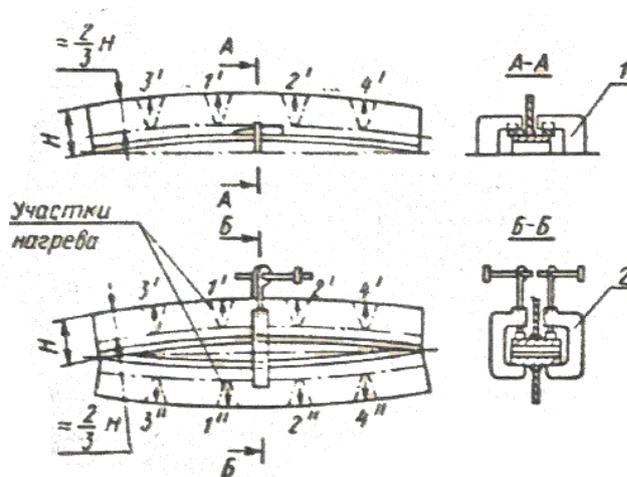


Рисунок 3.11.3 - Схема правки сварных тавровых балок нагревом с предварительным выгибом; 1 - скоба; 2 - струбцина; 1', 1'' – 4', 4'' - последовательность нагрева.

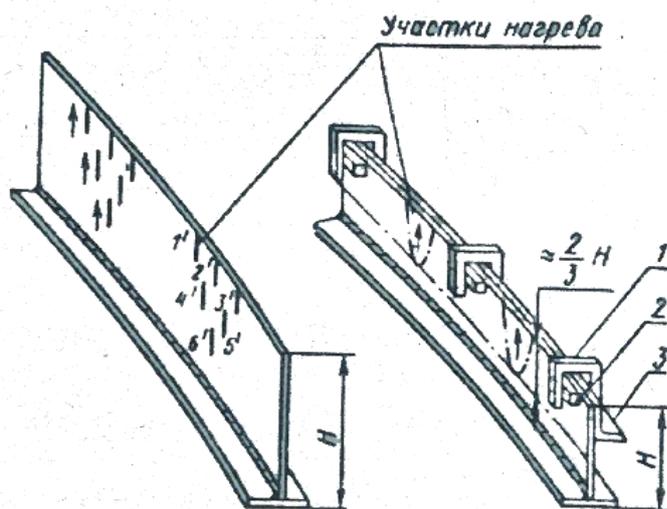


Рисунок 3.11.4 - Схема правки сварных тавровых балок с высокой стенкой

1 – скоба; 2 – клин; 3 – временные ребра жесткости; 1' – 6' – очередность нагрева.

### 3.12 Контроль качества сварочных соединений

Визуально-измерительный контроль сварных швов тавровых балок следует производить в соответствии с требованиями ОСТ5Р.1093, РД 5.121.

Дополнительные виды неразрушающего контроля назначаются в соответствии с проектной ведомостью контроля, разработанной на сварные соединения секций строительного района, в который входят изготовленные тавровые балки.

Неразрушающий контроль выполняется по заявке.

Валики последних наружных слоев сварного соединений ТЗ, Т8 по ГОСТ 8713 должны иметь плавное сопряжение, как между собой, так и с поверхностью основного металла. Допустимые западания между валиками, а также швом и основным металлом, на базе 12 мм глубиной:

- не более 1,0 мм для стали толщиной до 10 мм вкл.;
- не более 1,5 мм для стали толщиной свыше 10 мм до 20 мм вкл.;
- не более 2,0 мм для стали толщиной свыше 20 мм

- не более 3,0 мм для тавровых сварных соединений типа Т3 и Т8 по ГОСТ 8713 (без фаски).

В спорных случаях качество сварных соединений определять путем сравнения с эталоном сварного шва, выполненного на установке ВММ-ТС 1200х600 CORIMPEX

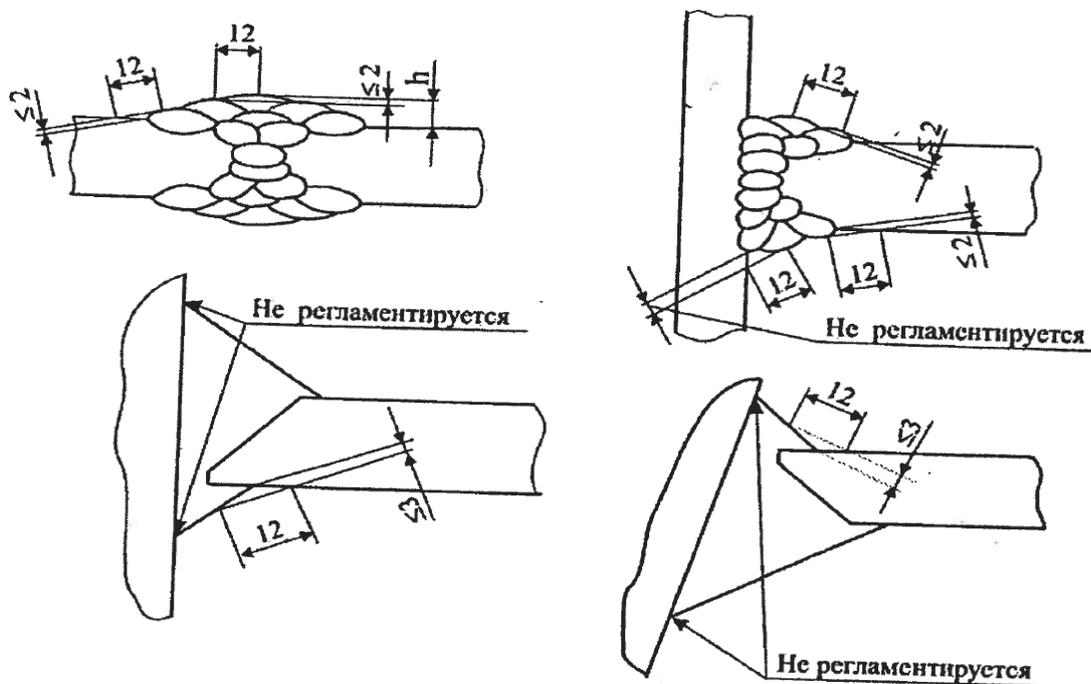


Рисунок 3.12.1 Измерения западаний

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сварки корпуса судна» выполняется в рамках научно-исследовательской работы, суть которой заключается в исследовании и разработке технологии сварки тавровых соединений элементов корпуса судна [16].

Для оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проведем анализ конкурентных технических решений и SWOT анализ. Также произведем расчет бюджета научно-технического исследования.

### **4.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

В ходе исследования проанализированы конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности, такие как уменьшение остаточных деформаций и качественная подготовка поверхностей. Широкое применение нашел способ ручной обработки металлических поверхностей к сварке и предварительный подогрев свариваемых кромок. На

сегодняшний день используют разного рода технологии для уменьшения сварочных деформаций.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты. Используемые техники уменьшения сварочных деформации для получения качественной продукции:

1. А – дробеструйная обработка поверхностей;
2. В – предварительный индукционный подогрев свариваемых кромок
3. С – механическая правка готовых изделий.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведены в таблице 4.1.1, подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей, разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (19)$$

где:

К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя;

$B_i$  – балл  $i$ -ого показателя.

Таблица 4.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений и разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>А</sub>	Б <sub>В</sub>	Б <sub>С</sub>	К <sub>А</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>С</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							

1. Повышение производительности труда	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
3. Уровень качества сварных соединений	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
4. Энергоэкономичность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
5. Надежность	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
6. Уровень производимого шума	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
8. Функциональная мощность	0,05	3	3	1	0,15	0,15	0,05
9. Простота в эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	1	2	0,3	0,06	0,12
2. Уровень проникновения на рынке	0,05	2	2	3	0,1	0,1	0,15
3. Цена	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
5. Срок эксплуатации	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
6. Наличие сертификации разработок	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	70	65	54	4,5	4,17	3,4

Таким образом, конкурентоспособность рассматриваемых продуктов составляет:

$$K_A = 0,5 + 0,35 + 0,5 + 0,35 + 0,35 + 0,35 + 0,15 + 0,15 + 0,25 + 0,1 + 0,3 + 0,1 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,5$$

$$K_B = 0,5 + 0,35 + 0,5 + 0,28 + 0,28 + 0,35 + 0,15 + 0,15 + 0,25 + 0,15 + 0,06 + 0,1 + 0,3 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,17$$

$$K_C = 0,3 + 0,35 + 0,3 + 0,28 + 0,21 + 0,35 + 0,15 + 0,05 + 0,25 + 0,1 + 0,12 + 0,15 + 0,24 + 0,15 + 0,15 + 0,25 = 3,4$$

Исходя из проведенного выше анализа можно сделать вывод, что технология «А» имеет ряд преимуществ над своими аналогами. При использовании данной технологии значительно снижается процент брака и повышается производительность работы что, безусловно, повышает количество и качество выпускаемых изделий. Также используя технологию «Б» можно повысить качество изготавливаемой продукции. Стоит отметить сочетание технологий «А» и «Б», что приведет к широкому диапазону возможностей, а именно уменьшить количество возврата бракованных изделий.

## 4.2 SWOT анализ

SWOT анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

### Первый этап

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- Легкое внедрение в текущее производство – С1;
- Повышенные показатели качества и скорости производства – С2;
- Использование современного оборудования – С3;
- Имеется высококвалифицированный персонал – С4;

- Наличие интереса со стороны потенциальных потребителей – С5.

К слабым сторонам проекта относятся:

- Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости–Сл.1;
- Отсутствие возможности изготовления в полевых условиях – Сл.2;
- Узкая область применения – Сл.3;
- Отсутствие интереса со стороны потенциальных потребителей–Сл.4.

К возможностям проекта относятся:

- Возможность внедрения линии подготовки, сборки и сварки в другие отрасли производства– В1;
- Стабильно возрастающая потребность в изготовлении подобного рода продукции– В2;
- Отсутствие аналогов у конкурентноспособных предприятий– В3.

К угрозам относятся:

- Появление других научных разработок – У1;
- Отсутствие интереса руководства к данному исследованию ввиду высокой стоимости оборудования– У2.

Второй этап

Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4.2.1 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	-	-	+
	B2	+	-	+	+	-
	B3	-	+	-	-	+
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	+	+	-

	У2	-	+	-	-	+
Слабые стороны						
Возможности		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4	
	В1	+	-	-	+	
	В2	-	-	-	-	
	В3	+	-	-	+	
Угрозы		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4	
	У1	-	+	+	-	
	У2	+	+	+	+	

Анализ интерактивной матрицы показал следующие направления проекта: В1В3С2С5, В2С1С3С4, В1В3Сл.1Сл.4, У1С1С3С4, У2С2С5, У1С2С3, У2Сл.1Сл.2Сл.3Сл.3

Третий этап

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT–анализа.

Таблица 4.2.2– SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>          Легкое внедрение в текущее производство – С1;          Повышенные показатели качества и скорости производства– С2;          Использование современного оборудования– С3;          Имеется высококвалифицированный персонал – С4;          Наличие интереса со стороны потенциальных потребителей – С5.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>          Реализация проекта требует значительных инвестиций и сопряжена с длительным сроком окупаемости–Сл.1;          Отсутствие возможности изготовления в полевых условиях – Сл.2;          Узкая область применения – Сл.3;          Отсутствие интереса со стороны потенциальных потребителей– Сл.4.</p>
<b>Возможности:</b>	В1В3С2С5 – Внедрение технологии в другие	В1В3Сл.1Сл.4 – В связи с постоянно

<p>Возможность внедрения линии подготовки, сборки и сварки в другие отрасли производства– В1; Стабильно возрастающая потребность в изготовлении подобного рода продукции– В2; Отсутствие аналогов у конкурентноспособных предприятий– В3.</p>	<p>предприятия положительно скажется на производстве и распространении продукции; В2С1С3С4 – Возможность использования малозатратных технологий для производства продукции.</p>	<p>растущей инфляцией появится потребность в дополнительных инвестиционных средствах.</p>
<p><b>Угрозы:</b> Появление других научных разработок – У1; Отсутствие интереса руководства к данному исследованию ввиду высокой стоимости оборудования– У2.</p>	<p>У1С1С3С4 –Появится потребность в проработке новых технологически о операционных карт; У2С2С5 - некоторые предприятия откажутся от внедрения в их производства. .</p>	<p>У1С2С3; У2Сл.1Сл.2Сл.3Сл.3 – В связи с узко-направленности проекта и появления других конкурентноспособных технологий продукт может перестать интересовать производителей.</p>

### 4.3 Инициация проекта

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

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

#### 4.3.1 Цели и результаты проекта

Устав проекта документирует бизнес–потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать. Устав научного проекта магистерской работы должен иметь цели и результат проекта. В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.3.1.1.

Таблица 4.3.1.1 – Интерактивная матрица проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
«ССК «Звезда»	Улучшение механических характеристик производимой продукции. Уменьшение трудозатрат на изготовление продукции.
Производители морских судов	

В таблице 4.3.1.2 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.3.1.2 –Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработать рекомендации по выбору параметров режима сварки секций судна и их предварительной зачистке.
Ожидаемы результаты:	Уменьшение трудозатрат за счет разработанной технологии. Увеличение качества изготавливаемой продукции.
Критерии приемки результатов проекта:	Уменьшение количество дефектов при сварке; Уменьшение затрачиваемого времени на изготовление изделий;
	Требование:

Требования к результату проекта:	1. Показать изменение качества вследствие уменьшения количество дефектных участков при сварке;
	2. Показать изменение трудо-времённых затрат вследствие увеличения количества изготавливаемой продукции;

### 4.3.2 Организационная структура проекта

На данном этапе необходимо решить кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль и функции каждого участника проекта.

Данная информация прописывается в таблицу 4.3.2.1.

Таблица 4.3.2.1 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час
1	Киселев А. С. к.т.н., доцент Отделения электронной инженерии ТПУ.	Научный руководитель	Обеспечение проекта ресурсами со стороны исполнителя; Руководство и координация работы рабочей группы проекта со стороны исполнителя и контроль выполнения поставленных перед ними задач; Контроль статуса проекта, сроков и бюджета; Регулярный анализ хода выполнения проекта; Обеспечение взаимного соответствия выполняемых работ.	38

2	Фролов В.А.	Исполнитель проекта	Выполнение работ по разработке технологии; Выполнение расчётов по проекту; Подготовка отчетов о текущем статусе проекта.	740
Итого:				778

#### 4.4 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представлен в виде таблицы 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Календарный план проекта в рабочих днях

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, день	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Составление технического задания	4	27.01.2020	31.01.2020	Киселев А.С.
2	Изучение литературы	7	1.02.2020	8.02.2020	Фролов В.А.
3	Выбор направления исследования	4	9.02.2020	13.02.2020	Киселев А.С., Фролов В.А.
4	Разработка технологии подготовки, сборки и сварки.	30	14.02.2020	15.03.2020	Киселев А.С., Фролов В.А.
5	Подготовка чертежей и моделей.	35	16.03.2020	19.04.2020	Фролов В.А.

6	Проверка разработанной технологии.	4	20.04.2020	24.04.2020	Киселев А.С.
7	Обсуждение результатов и выводов по работе	5	25.04.2020	30.04.2020	Киселев А.С., Фролов В.А.
8	Подготовка теоретической и практической части работы.	30	1.05.2020	31.05.2020	Фролов В.А.
Итого:		119	27.01.2020	31.05.2020	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 11.4.2).

Таблица 4.4.2 – Календарный план–график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал., дн.	Продолжительность работы																
				январь		февраль		март		апрель		май								
				1	2	1	2	1	2	1	2	1	2							
1	Составление технического задания	Киселев А.С.	4		1															
2	Изучение литературы	Фролов В.А.	7			1														
3	Выбор направления исследования	Киселев А.С., Фролов В.А.	4			1														
4	Разработка технологии подготовки, сборки и сварки.	Киселев А.С., Фролов В.А.	30				1	2												



Таблица 4.5.1.1 Затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия

№	Материал	Единица материала	Цена, руб/ед.	Количество	Затраты, руб.
1	Сварочная проволока Св08Г2С	15 кг	3380	9	30420
2	Сварочный флюс АН-348А	1 кг	134.43	100	13443
3	Листовой прокат	1 м <sup>2</sup>	8500	600	5100000
Всего за материалы:					5143863
Транспортно-заготовительные работы:					154315,89
Итого:					5298178,89

#### 4.5.2 Специальное оборудование

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ.

Затраты по доставке и монтажу заложены в цену оборудования.

В таблице 4.5.2.1 представлены расчеты затрат на специальное оборудование, необходимое для проведения научных исследований

Таблица 4.5.2.1 – Расчет затрат по статье «Специальное оборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед. оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Срок эксплуатации оборудования, лет	Амортизационные отчисления, руб.
1	Автоматизированная сварочная установка «Согипрех ВWM-ТС-1500-500»	1	35 000	10	219 666
2	Сварочная головка для сварки под флюсом НА-5	1	112	2	4 667
3	Источник питания IdealArc-600	1	815	5	13 583

4	Дробеструйная установка УДП-100х1520-4/11П	1	7 472	10	62 267
Итого:					300 183

Амортизационные отчисления для оборудования:

1. Автоматизированная сварочная установка «Corimpex BWM-TC-1500-500»:

$$\frac{35000000}{10 \cdot 12} \cdot 1 = 219666 \text{ руб.};$$

2. Сварочная головка для сварки под флюсом НА-5:

$$\frac{112000}{2 \cdot 12} \cdot 1 = 4667 \text{ руб.};$$

3. Источник питания IdealArc-600:

$$\frac{815000}{5 \cdot 12} \cdot 1 = 13583 \text{ руб.};$$

4. Дробеструйная установка УДП-100х1520-4/11П:

$$\frac{7472000}{10 \cdot 12} \cdot 1 = 62267 \text{ руб.};$$

#### 4.5.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно–технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [17].

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (16)$$

Где:

$Z_{осн}$  - основная заработная плата;

$Z_{доп}$  - дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (17)$$

Где:

$Z_{осн}$  - основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$  - средняя заработная плата одного работника;

$T_{раб}$  - продолжительность работ, выполняемы научно-техническим работником, раб. дн.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_о} \quad (18)$$

Где:

$Z_m$  - месячный должностной оклад работника, руб;

$M$  - количество месяцев работы без отпуска в течении года:

При отпуске в 48 рабочих дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная рабочая неделя;

$F_о$  - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.5.3.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		

- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_\partial \cdot (k_{np} + k_\partial) \cdot k_p \quad (19)$$

Где:

$Z_\partial$  - базовый оклад, руб.;

$k_{np}$  - премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_\partial$  - коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

$k_p$  - районный коэффициент, равный 1,3 в Томске.

Таким образом основная заработная плата для:

1. Руководителя:

$$Z_{\partialн} = \frac{37410 \cdot 10,4}{251} = 1550 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн} = 1550 \cdot 47 = 72850 \text{ руб.}$$

2. Инженера:

$$Z_{\partialн} = \frac{16463 \cdot 10,4}{251} = 682,1 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн} = 682,1 \cdot 111 = 75713,1 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.5.3.2.

Таблица 4.5.3.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	28777	-	-	1,3	37410	1550	47	72850
Инженер	12664	-	-	1,3	12664	682,1	111	75713,1

#### 4.5.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы) [18].

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

1. Руководитель:  $72850 \cdot 0,15 = 10927,5$  руб.
2. Исполнитель:  $75713,1 \cdot 0,15 = 11356,9$  руб.

В таблице 4.5.4.1 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.5.4.1 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	72850	75713,1
Дополнительная зарплата	10927,5	11356,9
Зарплата исполнителя	83777,5	87070
Итого:	170847,5	

#### 4.5.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп});$$

$$C_{внеб} = 170847,5 \cdot 0,271 = 46299,7 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды (30,2 % от заработной платы) составляют 46299,7 рублей.

#### 4.5.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 – 90 % от суммы основной заработной платы научно–производственного персонала данной научно–технической организации [19, 20].

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп});$$

$$C_{накл} = 0,3 \cdot 170847,5 = 51254,25 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию:

1. Автоматизированная сварочная установка «Corimpex BWM-TC-1500-500»:

$$25,2 \text{ KВт} \cdot 125 \text{ ч} \cdot 5,8 \frac{\text{KВт}}{\text{ч}} = 18270 \text{ руб.};$$

2. Сварочная головка для сварки под флюсом НА-5:

$$1,44 \text{ KВт} \cdot 125 \text{ ч} \cdot 5,8 \frac{\text{KВт}}{\text{ч}} = 1044 \text{ руб.};$$

3. Источник питания IdealArc-600:

$$15 \text{ KВт} \cdot 125 \text{ ч} \cdot 5,8 \frac{\text{KВт}}{\text{ч}} = 10875 \text{ руб.};$$

4. Дробеструйная установка УДП-100x1520-4/11П:

$$4 \cdot 11 \text{KBm} \cdot 31,25 \text{ч} \cdot 5,8 \frac{\text{KBm}}{\text{ч}} = 7975 \text{ руб.};$$

Таблица 4.5.6.1 Накладные расходы

№	Наименование оборудования	Затраты на электроэнергию, руб.
1	Автоматизированная сварочная установка «Согимпex BWM-TC-1500-500»	18270
2	Сварочная головка для сварки под флюсом NA-5	1044
3	Источник питания IdealArc-600	10875
4	Дробеструйная установка УДП-100x1520-4/11П	7975
Итого:		37164

Таблица 4.5.6.1 Полная смета затрат на выполнение проекта

Наименование затрат	Затраты, руб.
Основные и вспомогательные материалы	5298178,89
Заработная плата	170847,5
Отчисления на социальные нужды	51595,9
Амортизация	300183
Затраты на электроэнергию	37164
Накладные расходы	51254,25
Итого:	5909223,54

#### 4.6 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (таблица 4.6.1).

Таблица 4.6.1 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска а*	Способы смягчения риска	Условия наступления

Выход из строя сварочного оборудования	Задержка в выполнении рабочего плана	2	3	Средний	Соблюдение техники безопасности и правил эксплуатации оборудования	Некачественное оборудование. Человеческий фактор. Износ оборудования.
Выход из строя порталной установки	Задержка в выполнении рабочего плана	1	2	Средний	Соблюдение техники безопасности и правил эксплуатации оборудования	Некачественное оборудование. Человеческий фактор. Износ расходных малых частей
Несоблюдение технологии сборки и сварки	Появление брака	3	5	Высокий	Проверка каждого шага	Человеческий фактор

#### 4.7 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 4.7.1). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

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

Таблица 4.7.1 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Варианты исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого
1	5328869,32	450000	171595,1	51478,53	46520,3	6048463,25
2	5459965,69	480000	186540,5	55962,15	50552,5	6233020,79

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Для данного проекта и для аналогов 1 и 2 данный показатель составил 0,97, 0,94 и 1 соответственно.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (20)$$

Где:

$I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  - стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  - максимальная стоимость исполнения технологического проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное

удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a; \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (21)$$

Где:

$I_m^p$  - интегральный показатель текущего проекта;

$a_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  - бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспериментным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  - число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблицы 4.7.2).

Таблица 4.7.2 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог №1	Аналог №2
1. Безопасность получения	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (вес, габариты, гибкость)	0,15	5	3	4
3. Энергоэффективность	0,15	4	4	3
4. Эффективное качество продукции	0,20	5	2	4
5. Надежность	0,25	4	2	3
6. Материалоемкость	0,15	5	3	4
Итого:	1	4,6	2,8	3,6

$$I_{\text{тп}}=0,1 \cdot 5+0,15 \cdot 5+0,15 \cdot 4+0,20 \cdot 5+0,25 \cdot 4+0,15 \cdot 5=4,6$$

$$\text{Аналог 1}=0,1 \cdot 4+0,15 \cdot 3+0,15 \cdot 4+0,20 \cdot 2+0,25 \cdot 2+0,15 \cdot 3=2,8$$

$$\text{Аналог 2}=0,1 \cdot 4+0,15 \cdot 4+0,15 \cdot 3+0,20 \cdot 4+0,25 \cdot 3+0,15 \cdot 4=3,6$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя:

$$1. \text{ для аналога 1: } \frac{2,8}{0,97} = 2,89$$

$$2. \text{ для аналога 2: } \frac{3,6}{0,94} = 3,83$$

$$3. \text{ для разработки } \frac{4,6}{1} = 4,6$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$1. \text{ для разработки: } \frac{4,6}{3,83} = 1,20$$

Таблица 4.7.3 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,97	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,8	3,6	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	2,89	3,83	4,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,20		

#### **4.9 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был проведен технико-экономический анализ проекта по разработке технологии сварки секций корпуса судна. Результаты проектирования будут

включать в себя все отрасли судопроизводства, нуждающиеся в высокой производительности труда и высоком качестве производимой продукции.

Результаты проекта могут найти практическое применение на объектах судостроения, оборонной и строительной промышленности.

Построена интерактивная матрица SWOT – анализа, в которой показаны слабые и сильные стороны разрабатываемого проекта.

Сделан план исследования, в котором распределялись основные функции проекта между руководителем и дипломником и сделан расчет бюджета научного исследования, в который вошли расходы на материалы и оборудование, а также заработные платы участников проекта.

По оценке ресурсоэффективности проекта, можно сделать выводы, что для текущего исследования коэффициенты энергосбережения и стоимости эксперимента выше, чем у аналогов. Из этого можно сделать вывод, что интегральный финансовый показатель будет больше, чем у аналогов исследования. А значит, на данный проект был израсходован бюджет, величина которого могла быть меньше при проведении исследований с помощью аналогов.

Рассчитан бюджет научного исследования, который включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы и составил 5903927,34 руб.

## **5 Социальная ответственность**

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии сборки и сварки используя метод автоматической дуговой сварки под слоем флюса на поточной линии, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию подготовки, сборки и автоматической сварки под слоем флюса с рациональным использованием сварочных материалов, снижением остаточных сварочных деформаций и возможностью их правки непосредственно в процессе сварки.

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

### **5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изучении процесса дуговой сварки под слоем флюса [21].

Вредным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности. Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Критерии отношения фактора к вредным или опасным устанавливаются ГОСТ 12.0.003-2015.

Перечень вредных и опасных факторов, воздействующих на сварщика (оператора поточной сварочной линии) приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Вредные и опасные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Запуск источника питания. 2. Снятие осциллограмм 3. Проведение ремонтных работ источника питания 4. Проведение сварочных работ	1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума в рабочей зоне. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 5. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.	1. Электрический ток. 2. Пожароопасность	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ, ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ, ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ, ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, СанПиН 2.2.4.548–96, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СН 2.2.4/2.1.8.566–96, СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.2.540-96.

### 5.1.1 Категория тяжести труда

Разделение работ по категориям тяжести труда, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, приводится в таблице 5.1.1.1.

Таблица 5.1.1.1 – Категории работ по тяжести

Категории работ	Энергозатраты	
	Вт	Ккал/ч
Легкие (I <sub>а</sub> )	До 139	До 120
Легкие (I <sub>б</sub> )	140 – 174	121 – 150
Средней тяжести (II <sub>а</sub> )	175 – 232	151 – 200
Средней тяжести (II <sub>б</sub> )	233 - 290	201 – 250
Тяжелые (III)	Более 290	Более 250

К категории I<sub>а</sub> относятся работы, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории I<sub>б</sub> относятся работы, выполняемые сидя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

К категории  $II_a$  относятся работы с постоянной ходьбой, перемещением легких (до 1 кг) предметов в положении стоя или сидя и требующие незначительного физического напряжения.

К категории  $II_b$  относятся работы, связанные с ходьбой и перемещением грузов средней тяжести (до 10 кг), сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории  $III$  относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещениями тяжелых (более 10 кг) грузов, требующие значительных физических усилий.

Сварочные работы, выполняемые на автоматической поточной линии, не требуют постоянного передвижения на большие расстояния (движение сварщика-оператора в основном происходит вокруг установки) и перемещения тяжелых грузов (благодаря наличию в цехе кранов и другого подъемно-транспортного оборудования), а также не способствуют появлению значительных физических напряжений (поскольку сварщик-оператор управляет всеми процессами через контроллер и не осуществляет сварку вручную), поэтому эту работу можно отнести к категории легких ( $I_b$ ).

## **5.2 Вредные факторы**

### **5.2.1 Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности благодаря отсутствию посторонних раздражителей организма человека [22].

Повышение температуры, относительной влажности воздуха, уменьшение скорости его движения приводят к уменьшению теплообмена, перегреву организма, расстройству нервной системы, нарушению секреторной деятельности печени, желудка, нарушению обменных процессов, возникновению судорожной болезни, тепловому удару.

Понижение вышеперечисленных параметров приводят к увеличению теплообмена, переохлаждению организма, а также к расстройству нервной системы, нарушению деятельности печени, обменных процессов, возникновению простудных заболеваний. Также нарушение терморегуляции вызывает ухудшение самочувствия, снижение работоспособности и, следовательно, производительности труда, возможно возникновение несчастных случаев [22].

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 в соответствии с легкой ( $I_6$ ) категорией работ. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для проведения производственных (в т.ч. сварочных) работ будут:

а) в холодный и переходный период:

- температура 18-20<sup>0</sup>С;
- относительная влажность 60-40%;
- скорость движения воздуха 0,2 м/с.

б) в теплый период:

- температура 21-23<sup>0</sup>С;
- относительная влажность 60-40%;
- скорость движения воздуха 0,3 м/с.

Осуществление параметров микроклимата достигается с помощью вентиляции с сосредоточенной подачей подогретого воздуха.

Также, микроклимат производственного помещения на рассматриваемом предприятии поддерживается на оптимальном уровне системой водяного

центрального отопления, принудительной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

### **5.2.2 Превышение уровня шума на рабочем месте**

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК [23].

Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3 [23].

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц [23].

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 82 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощающие материалы;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Изолирующая панель – это многослойная конструкция (триплекс). Сам ее каркас выполнен из композита на основе натуральных целлюлозных волокон. Плоские слои разделены пространством, которое обеспечивают волнообразные переемычки, по типу гофрированного картона. Все пустоты внутри панели заполнены минеральным гранулятом на базе очищенного кварцевого песка

СИЗ:

Применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

### **5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещенность - важнейший параметр на рабочем месте оператора, обеспечивающий комфортные условия, повышенную эффективность и безопасность труда, снижающий утомление и травматизм, сохраняющий работоспособность [24].

В зависимости от назначения помещения, а также вида зрительных работ нормируются такие показатели освещённости, как естественное освещение и искусственное освещение. Естественное освещение обусловлено прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняется в зависимости от географической широты, времени суток, степени облачности, прозрачности атмосферы. Ограниченная прозрачность остекления светопроемов, их

затеняемость, а зачастую и несоответствие их размеров площади и глубине помещений, вызывают повышенный дефицит естественного света в помещениях. Недостаток естественного света восполняется искусственным освещением [25].

При правильно рассчитанном и выполненном освещении производственных помещений глаза работающего персонала в течение продолжительного времени сохраняют способность хорошо различать предметы и орудия труда, не утомляясь. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней. Естественное освещение какой-либо точки в помещении характеризуется коэффициентом естественной освещенности, и является предпочтительным для помещений с постоянным пребыванием людей [25].

В связи с тем, что естественного освещения бывает недостаточно и с учетом, например, круглосуточного графика работы, необходимо применять общее искусственное освещение.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 60$  м, ширина  $B = 18$  м, высота = 18 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1$  м. Согласно СП 52.13330.2011 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы [25].

Площадь помещения:

$$S = A \times B; \quad (23)$$

где  $A$  – длина, м;

$B$  – ширина, м.

$$S = 60 \times 18 = 1080 \text{ м}^2;$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $r_C = 50\%$ , свежепобеленного потолка  $r_{II} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением

пыли равен  $KЗ = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу холодно-белого света ЛХБ 125, световой поток которой равен  $\Phi_{ЛД} = 8000$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-80. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, м:

$H$  – высота помещения;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$  – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p$  – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами.

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 4$  м. Расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 1$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_c - h_p = 9,6 - 1 - 4 = 4,6 \text{ м};$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 4,6 = 5,0 \text{ м};$$

Число рядов светильников в помещении:

$$H_b = \frac{B}{L} = \frac{60}{5} = 12;$$

Число светильников в ряду:

$$H_a = \frac{A}{L} = \frac{18}{5} = 3,6 \Rightarrow 4;$$

Общее число светильников:

$$N = H_a + H_b = 2 \cdot 4 \cdot 12 = 96;$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется из уравнения:

$$L = N_a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_{lam};$$
$$L_1 = \frac{(L - N \cdot L_{lam})}{(N_a + \frac{2}{3})};$$

Согласно «Практикум БЖД 2009» равномерность освещения обеспечивается расстоянием от крайних светильников до стенок =  $L/3$ .

Составим уравнения с 1 неизвестной:

$$60000 = 11 \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 12 \cdot 1230;$$

$$18000 = 3 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 4 \cdot 266;$$

Получаем:

$$L_2 = \frac{(18000 \text{ мм} - 4 \cdot 266)}{3 + \frac{2}{3}} = 4663 \text{ мм} - \text{расстояние вдоль цеха.}$$

$$L_1 = \frac{(60000 \text{ мм} - 12 \cdot 1230)}{11 + \frac{2}{3}} = 3878 \text{ мм} - \text{расстояние от торцов.}$$

Расстояние от торцов – 1 получим следующим образом:

$$L_1 = \frac{3878}{3} = 1293 \sim 1300 \text{ мм};$$

$$L_2 = \frac{4663}{3} = 1554 \sim 1600 \text{ мм};$$

Размещаем светильники в четыре ряда. На рисунке 5.2.3.1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

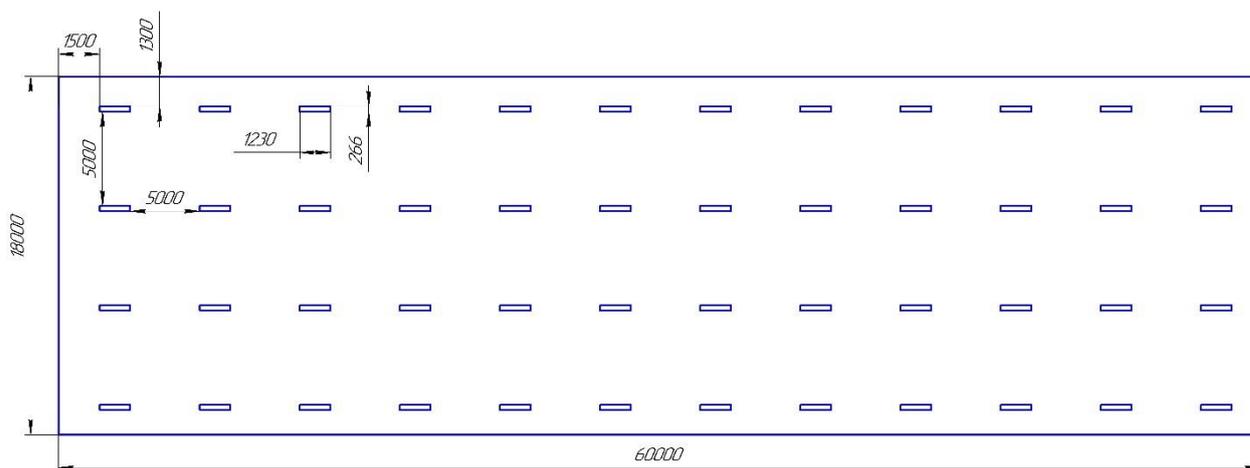


Рисунок 5.2.3.1 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{1080}{5(18 + 60)} = 2,6;$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $r_{\Pi} = 70\%$ ,  $r_C = 50\%$  и индексе помещения  $i = 2,6$  равен  $\eta = 0,53$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot z \cdot S}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 60 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{96 \cdot 0,53} = 7005 \text{ лм};$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\Pi}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{8000 - 7005}{8000} \cdot 100\% = 12,43\%$$

Таким образом:  $-10\% \leq 12,43\% \leq 20\%$ , необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Итак, рационально устроенное освещение создает достаточную

равномерную освещенность производственного помещения, сохраняет зрение рабочего персонала, уменьшает травматизм, позволяет повышать производительность труда, влияет на уменьшение процента брака и улучшение качества.

Освещение рабочей поверхности и помещения в целом достигается равномерным размещением светильников, при котором на рабочей поверхности отсутствуют резкие тени [15].

#### **5.2.4 Электромагнитные поля в производственных помещениях**

В производстве используется сварочное оборудование. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека [26].

Электромагнитное излучение, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, может являться причиной профессиональных заболеваний. В результате возможны изменения нервной, иммунной, сердечно-сосудистой, половой и других систем организма человека.

В процессе длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли. При систематическом облучении наблюдаются стойкие нервно-психические заболевания, изменение кровяного давления, замедление пульса, трофические заболевания (выпадение волос, ломкость ногтей). При этом наблюдается вялость, снижение точности рабочих движений, возникновение болей в сердце.

Предельно допустимые уровни облучения (по СанПиН 2.2.4.1191-03):

При 8-часовой работе ПДУ магнитного поля составляет  $10 \text{ мкВт/см}^2$  при 8-часовой работе, при 2-часовой работе –  $10\text{-}100 \text{ мкВт/см}^2$ , а при 20-минутной работе  $> 100 \text{ мкВт/см}^2$ .

Исходя из исследования, безопасным расстоянием от токоведущего кабеля до жизненно важных органов сварщика являются расстояния 0,1; 0,25 и

0,35 м при токах 200, 300 и 400 А соответственно. Экспериментальные исследования показали, что индукция поля вблизи корпуса выпрямителя ВДУ-506 при токах до 400 А на порядок ниже ПДУ. Это связано с тем, что выпрямитель экранируется металлическим корпусом [27].

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

- экранирование источника заземленным металлическим ограждением;

СИЗ:

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя:

- Очки из металлической решетки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами [28].

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества [28].

## **5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

### **5.3.1 Факторы электрической природы**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные) [29].

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и до 1000 В при наличии двух и более из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям [29].

Наш цех будет относиться к помещению с повышенной опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.).

Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками применяют при выполнении работ под напряжением 220/380 В. Обычно используют односторонние гаечные ключи, отвертки, плоскогубцы, кусачки, ножи с изолирующими рукоятками. Изоляция рукояток инструмента, изготовленная из пластмассы, является основным средством защиты [29].

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки. Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В. Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения. Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

Сейчас безопасным для человека считается напряжение электрической сети 42 Вольта (до недавнего времени — было 36 В), используемое для переносных осветительных и бытовых приборов на воздухе и в доме и 12 Вольт, при условии использования переносных светильников и приборов внутри котлов, металлических резервуаров и пр [30]

Допустимым же для человека током принято считать силу тока, при которой он самостоятельно может освободиться от его воздействия. И он так допуски будут соответствовать  $I = 0.1 \text{ А}$ , а  $R_{\text{заземления}}$  — не более 4 ом.

Максимально допустимая величина тока, проходящего через тело человека, зависит от времени его воздействия. Для тока переменного, с его частотой 50 Гц допустимое напряжение прикосновения по ГОСТ12.1.038-82 составляет всего 2 В, а сила тока - всего 0,3 мА. Для постоянного тока – допустимое напряжение прикосновения всего-то 8В, при силе тока в 1,0 мА (данные приведены для времени воздействия менее 10 мин в сутки).

Безопасные для человека уровни напряжения электрической сети в доме получают из нашей бытовой осветительной сети напряжением 220 В, используя при этом понижающие трансформаторы, или напрямую – используя для этого аккумуляторные батареи номинальным напряжением 12 и 24 Вольта [30].

Так как используется оборудование с напряжением до 1000 в то применяются следующие СИЗ:

В условиях работы на оборудовании с напряжением, не достигающим 1000 вольт,

- используются: специальные прорезиненные перчатки, выполненные с использованием современным полимеров, которые способны длительное время выдерживать большое напряжение;

- изолирующие штанги, выполненные с использованием диэлектрического металла, которые прикрепляются к источнику электричества и служат в качестве основного заземлителя, в результате чего обеспечивается безопасная работа;

- специальные клещи, которые могут использоваться в места. Где применение штанги невозможно. С помощью данных клещей также осуществляются ремонтные мероприятия; специальное оборудование с указателями напряжения, для измерения силы и напряжения тока.

- специальное оборудование с указателями напряжения, для измерения силы и напряжения тока

Также используются дополнительные средства защиты:

К материалам, которые применяются в качестве дополнительных устройств с оборудованием при напряжении менее 1000в относятся:

- специальная прорезиненная обувь, выполненная с применением современных полимеров, которая надежно обеспечивает защиту персонала;
- подставки, выполненные из дерева для осуществления работы с оборудованием без использования штатного заземления;
- специальные лестницы, выполненные из не проводимого металла, которые применяются при проведении работы на определенной высоте.

### **5.3.2 Факторы пожарной и взрывной природы**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории Ан, Бн, Вн, Гн и Дн.

Согласно НПБ 105-03 ремонтный цех относится к категории Г - негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива [31].

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причина возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

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

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу, ниже приведен план участка с пожарными щитами в случае ЧС также в случае ЧС сотрудникам необходимо добраться до ближайшего пункта сбора.

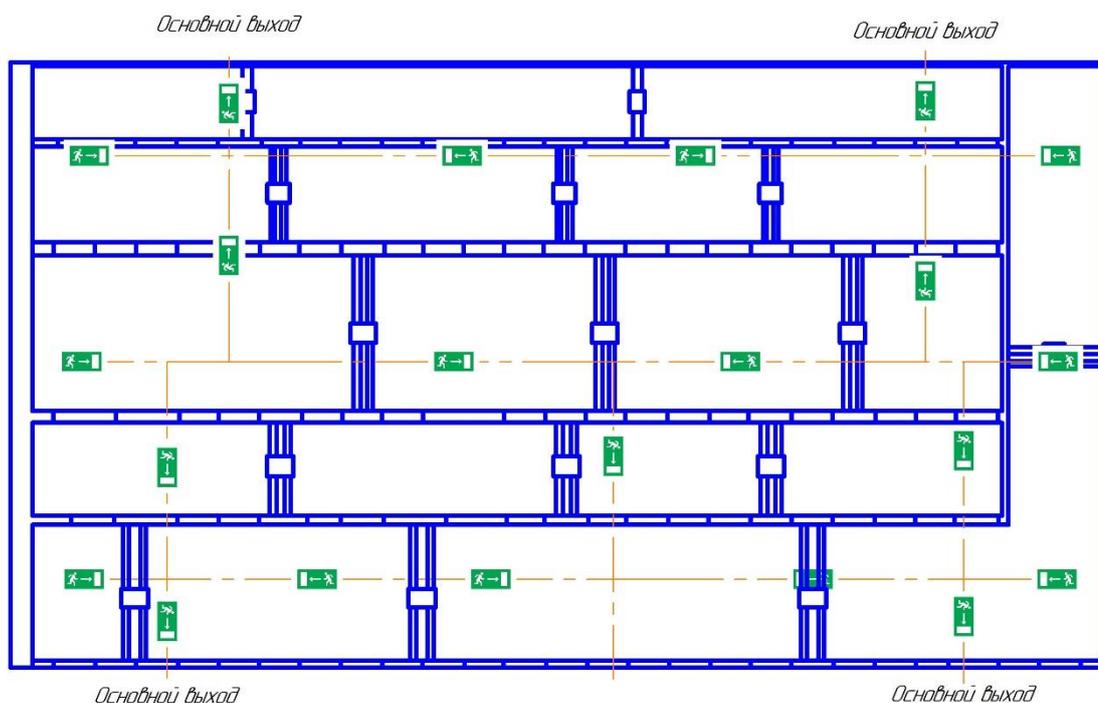


Рисунок 5.3.2.1 – Схема эвакуации из производственного цеха

## 5.4 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды — это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения — это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в ремонтном цеху необходимо осуществлять сбор (установить контейнеры с обозначенным назначением), сортировку и прессовку металлолома, огарков с последующей транспортировкой в перерабатывающие предприятия. Также с помощью промышленных пылесборников собрать пыль, и упаковать её и транспортировать на ближайший строительный объект.

Вышедшие из работы лампы, подлежащие переработке, необходимо собирать в коробки (до установленного объема) для транспортировки на перерабатывающее предприятие.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла,

металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов [31].

### **5.5 Защита в ЧС**

В регионе, на территории которого расположено рассматриваемое предприятие - Приморский край, г. Большой Камень - климат характеризуется как морской. Это означает небольшие суточные и годовые амплитуды температуры воздуха, но при этом высокую (до 100%) относительную влажность воздуха. В данном регионе практически не встречаются экстремальные морозы или жара, как, например, в случае с Сибирью, Забайкальским краем, республикой Саха (Якутией). Однако здесь имеет место другой неблагоприятный фактор – интенсивное образование циклонов и тайфунов, которые влекут за собой продолжительные ливневые осадки в виде дождей (до 20 мм в течение менее 12 часов) и ураганный ветер (до 40 м/с). Ливни влекут за собой размытие и затопление автомобильных дорог, делая их непроходимыми на несколько дней, затопление территории предприятия, складских помещений, рабочих участков на открытом достроечном стапеле, открытых площадей для хранения оборудования, материалов и металлических заготовок [31].

Для скорейшего водоотведения и осушения территории предприятия на нем предусмотрена система ливневой канализации, исключающей возможность полного затопления. Дополнительные водостоки присутствуют также возле ворот цеха, в котором находится рассматриваемая сварочная установка. Чтобы дождевая вода не могла затекать внутрь цеха, его пол сделан на 20 см выше уровня земли. По такому же принципу защищены от затопления и прочие постройки предприятия, в т.ч. склады.

Наименее защищены от дождевой воды и подтопления оборудование и материалы, находящееся на открытой местности вне каких-либо укрытий. Перед неблагоприятными погодными явлениями их следует немедленно переместить в

защищенное от осадков и влаги место, либо накрыть водоотталкивающим материалом или соорудить другое временное укрытие. Перед началом осадков также обязательно убрать все находящееся на открытом месте сварочное, покрасочное оборудование, ручные, электрические и пневматические инструменты, баллоны с горючими газами, кабели электропитания [32].

Отслеживание неблагоприятных погодных явлений в районе предприятия, а также оповещение руководителей всех предприятий края ведется ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [32].

### **5.6 Перечень нормативно-технической документации, использованной при написании раздела СО.**

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. 11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности 12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

16. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

## **Заключение**

В данной выпускной квалификационной работе были изучены назначения, конструктивные особенности и условия работы элементов секции судна.

Произведен анализ существующей технологии изготовления балки двутавровой на заводе-изготовителе. На основе анализа были разработаны предложения по улучшению технологического процесса изготовления. Учитывая недостатки существующего технологического процесса, был разработан новый технологический процесс.

Так же осуществлен подбор нового оборудования, отвечающего современным стандартам и требованиям по качеству изготовления и экономичного в эксплуатации. Проведен расчет режимов автоматической сварки под слоем флюса используя сварочную проволоку Св-10ГНА и сварочный флюс 48 АФ-51. Разработана линия полуавтоматической сборки и сварки двутавровых балок.

Проведен анализ опасных и вредных производственных факторов заготовительных, сборочных и сварочных работ. При проектировании технологического процесса были учтены требования техники безопасности, мер пожарной безопасности в цеху. Разработан перечень мероприятий по снижению вредных и опасных производственных факторов с расчетом вентиляции в цеху.

В ВКР рассмотрен анализ состояния окружающей среды завода-изготовителя, произведен подробный расчет выбросов вредных веществ в окружающую среду при изготовлении переходного рештака, перечислены отходы производства и меры по утилизации и ликвидации отходов.

При выполнении ВКР были приобретены навыки самостоятельного решения технологических вопросов, использования существующих методик расчета сварных узлов и конструкции в целом, использования нормативных документов, ГОСТов и других справочных материалов.

## Список использованных источников

1. Васильев А.Л. Архитектурно-конструктивные типы судов / Учебное пособие. Л.: ЛКИ, 1988. -68с.
2. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля. / учебник для вузов. 2002. 332с.
3. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А.; под общ. Ред. В.Г. Сорокина. Марочник сталей и сплавов. Москва, Машиностроение, 1989.
4. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Москва: «Машиностроение». 1974. 757с.
5. Патона Е.О., Шеверницкого В.В., Медовара Б. И., Автоматическая сварка под флюсом — Киев: Машгиз, 1948. — 344 с.
6. Макаренко Н.А., Развитие дуговой сварки под флюсом. Ч II. Сварочное оборудование / Н.А. Макаренко // Автоматическая сварка. — 2000. — № 4. — С. 39–47.
7. Волченко В.Н., Ямпольский В.М., Винокуров В.А.; под. ред. В. В. Фролова, Теория сварочных процессов : учеб. для вузов по спец. «Оборудование и технология свароч. пр-ва» / – Москва: Высш. шк., 1988. – 559 с.
8. Подгаецкий В.В., Флюсы для автоматической и полуавтоматической сварки / В.В. Подгаецкий, Д.М. Рабкин. — Киев: Изд-во АН УССР, 1954. —56 с.
9. Кузьменко В.Г., Токарев В.С., Галинич В.И, Сокольский В.Э., Казимиров В.П., Выбор составов сварочных флюсов с учетом структурных характеристик их расплавов / Автоматическая сварка. – 2002. – № 10. – С.24–29.
10. Кузьменко В.Г., Оценка роли шлаков в различных зонах сварочной ванны при электродуговой сварке под флюсом / В. Г. Кузьменко // Автоматическая сварка. – 1998. – № 12. – С. 11–21.
11. Алексеева Ю. Э., Л.Н. Кушнарера. Оборудование для дуговой сварки под флюсом — Ленинград: Энергия, 1977. — 128 с.

12. Анурьев В.И., Справочник конструктора машиностроителя. Том 1, 2, 3. Издание 8-е переработанное и дополненное. Под редакцией Жестковой И.Н. Машиностроение 2001. – 131 с.
13. Глизманенко Д.Л. Сварка и резка металлов. Учебник для проф.-тех. Училищ. Москва, Высшая школа, 1974. – 54 с.
14. Акулов А.И., Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.:Машиностроение. –1997. – 432с. ил.
15. Владзиевский А.П... Основы автоматизации и механизации технологических процессов в машиностроении. Учебник для машиностроительных техникумов. Москва: Издательство «Высшая школа», 1966, 349 с.
16. Шигаев Т.Г., Аубакирова Г.М. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломных проектов студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» (очных и заочных форм обучения). Караганда 2007.
17. Грачева К.А. Организация и экономика сварочного производства. – М.: Машиностроение, 1980, 36 с.
18. Техничко- экономическое обоснование дипломных проектов: Учеб. пособие для втузов /Под ред.В.К. Беклешова. - М.: Высшая школа, 1991. – 133 с.
19. Производственный менеджмент. Управление предприятием: Учеб. пособие / С.А. Пелих, А. И. Гоев, М. И. Плотницкий и др.; под ред. проф. С. А. Пелиха. – М.: Экономика. 2005. – 59 с.
20. Афонин И.В. Управление развитием предприятия: Стратегический менеджмент, инновации, инвестиции, цены: Учебное пособие. –М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К “, 2002. – 41 с.
21. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.»

22. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года)
23. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
24. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
25. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
26. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Рекомендовано в качестве практикума Редакционно-издательским советом Томского политехнического университета. – Томск Издательство Томского политехнического университета 2009 – 101с.
27. ГОСТ Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
28. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
29. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
30. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях.
31. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
32. Охрана окружающей среды: Учеб для техн. вузов / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; под ред. С.В. Булова, 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

## Приложение А

### 1. Development of welding technology for hull sections

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Фролов Владимир Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОЭИ	Киселев Алексей Сегреевич	к.т.н., профессор		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Марцева Татьяна Александровна	к. филол. н.		

## 1. Design description

### 1.1 Characteristics and purpose, types of connections, operating conditions.



Fig. 1.1.1 - Example of the construction of the hull

A ship's hull section is a technically complete part of a ship's hull or one of its main structures (bottom, sides, decks, etc.), assembled from a number of components and parts. In addition to hull structures, sections also include elements of saturation, insulation fastening and finishing plater of ship premises.

The transverse and longitudinal edges of a section are its boundaries. The vessel is divided into sections based on its design features, the location of mounting joints, the accepted technology and organization of production, and the conditions of production of the manufacturer.

A large variety of pre-manufactured components of hull structures is usually combined by design and technological characteristics into the following main groups.

Currently, it is customary to divide the ship's hull into the following parts (Assembly elements):

- detail – an indispensable part of the body structure obtained as a result of processing of sheet or profile rolled products;

- node – technologically finished part of the hull structure, consisting of two or more parts:

- section – a technologically complete part of the ship's hull or one of its main structures (bottom, side, deck, etc.), assembled from a number of nodes and individual parts;

- block of sections — a significant part of the ship's hull, cut off by one or two planes parallel to the plane of the midship frame, and in large vessels often by planes parallel to the Diametric plane or the main plane. They are assembled from several sections, separate nodes and parts.

T-shaped and L-shaped beams longer than 2.5 m. These nodes are widely used as part of hull structures and, in turn, can be divided into two subgroups (Fig. 1.1.2, a): straight and curved.

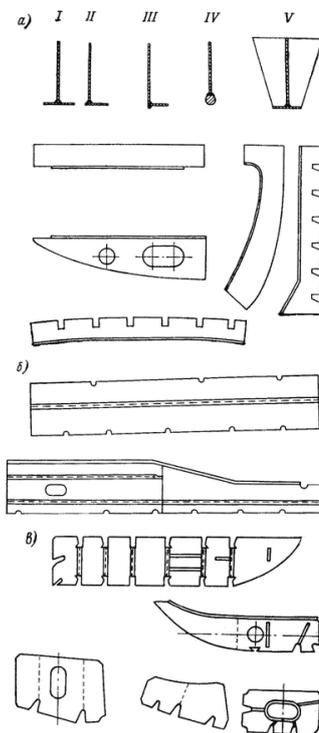


Fig. 1.1.2 - Nodes of hull structures: a-t-beams; b-bottom stringers; C-floras.

Short tees, bratty and knize with corbels. Nodes of this group, especially on ships of some projects, are found in large numbers and are very diverse in size and shape.

Wide strips with longitudinal (transverse) stiffeners or belts. This group includes the nodes of the bottom set-stringers (Fig. 1.1.2, b), vertical keel, flora (Fig. 1.1.2, C), as well as the frame set. They can be either straight or curved.

### 2.3 Automatic submerged arc welding

A special feature of the automatic submerged arc welding process is the use of uncoated welding wire and granular (granular) flux. The scheme of automatic submerged arc welding is shown in Fig.2.5.1.

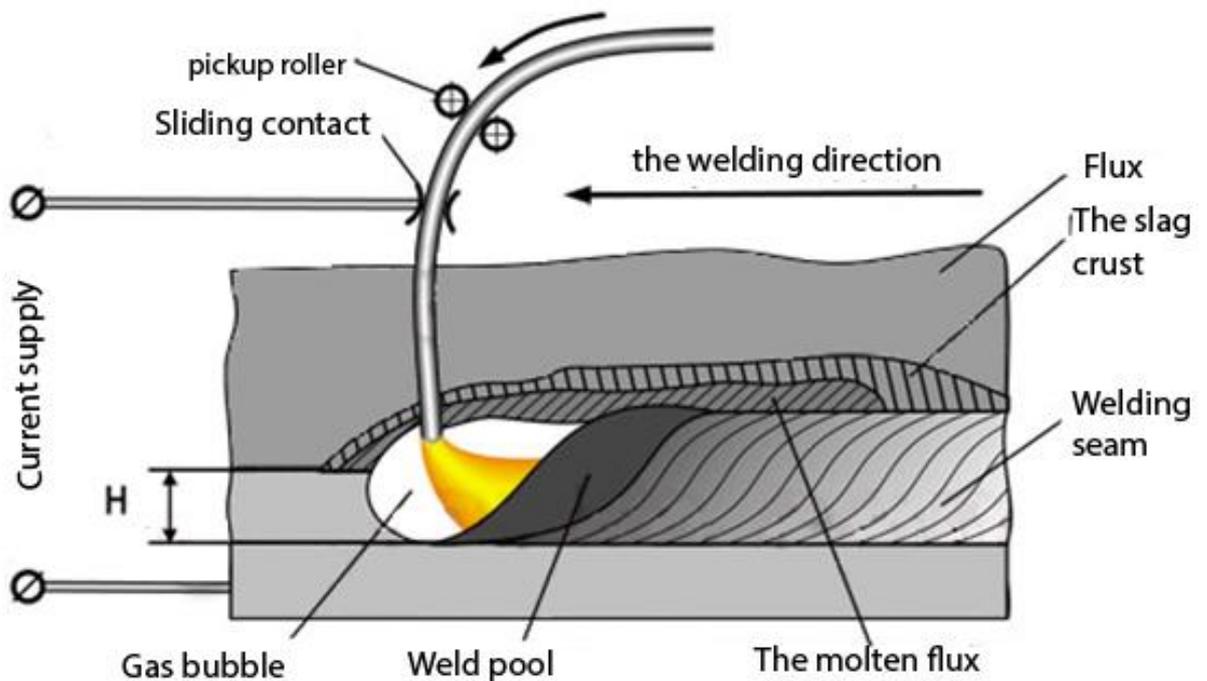


Figure 2.5.1 - Automatic submerged welding Scheme

Welding is performed in a closed arc, burning under a layer of flux in the space of a gas bubble formed as a result of the release of vapors and gases in the arc zone. Above, the welding zone is bounded by a film of molten slag, below-by a welding bath. The arc burns near the front edge of the bath, slightly deviating from the vertical position in the direction opposite to the direction of welding. Under the influence of

arc pressure, the liquid metal is also pushed away in the direction opposite to the welding direction, forming a crater of the welding bath. Under the arc there is a thin layer of liquid metal, the thickness of which largely depends on the depth of penetration. The molten flux entering the bath, due to a much lower density, floats to the surface of the molten seam metal and covers it with a dense layer of protective slag.

Advantages of submerged arc welding:

- obtaining seams with high mechanical properties;
- deep penetration of the metal to be welded;
- high process performance.

Disadvantages of submerged arc welding:

- difficulty in welding parts of small thicknesses;
- inability to perform seams in a position other than the bottom;
- visual observation of the process is difficult.

### **3. Development of I-beam Assembly and welding technology**

#### **3.2 requirements for the welding method used**

Automatic submerged welding on a specialized line for the production of t-beams BWM-TC 1200x600 (CORIMPEX, Italy) can only be used for t-beams with a length of 1500 to 12000 mm, a wall height of 350 to 1200 mm with a wall thickness of 8 to 25 mm, a shelf width of 120 to 600 mm with a wall thickness of 8 to 40 mm, the seam leg should not exceed 0.7 wall thicknesses, beams of variable cross-section at a maximum angle of 20 degrees. The possibility of manufacturing t-beams with a leg exceeding 0.7 thicknesses is the subject of consideration by the department of chief welder for each individual case.

Automatic submerged welding should be selected when the length of the manufactured t-beam is at least 3 m.

A combination of automatic and semi-automatic welding methods in a single weld joint can be performed in agreement with the chief welder's Department.

Manual arc welding with coated electrodes can only be used to perform tack.

Assembly and welding of t-beams should be performed on specially designated areas in accordance with the scheme developed for a given period of time.

### **3.5 Requirements for edge preparation and welding Assembly**

Parts coming to the Assembly of joints for subsequent welding must be shot-blasted, straightened, marked and accepted by the technical control service.

Also, the parts must have at least the following markings: order number, section number (drawing number, if the part does not consist of any of the sections), part number according to the drawing specification.

Parts received for Assembly with an allowance must have the appropriate marking indicating the amount of allowance.

Internal and external metal surfaces, as well as the edges to be welded, are shot-blasted with abrasive materials of large and small fractions and fed under high pressure.

For the shot blasting operation, Metal particles of fractions of eight, ten and fifteen millimeters are used. The blades of the shot-blasting unit disperse particles of different fractions up to 60-100 m/s.

When the shot is fed, there should be complete removal of greasy deposits, scale, rusty plaque from the metal surface and the necessary roughness should be achieved.

When using the BWM-TC 1200x600 t-beam production line, the shelf processing must be performed both on the side of the weld and on the side of the contact with the ground shaft.

It is necessary to fix the wall relative to the shelf of the t-beam when using the line to produce t-beams BWM-TC 1200x600. Fixing can be performed using a t-bar length in accordance with table. 10.5.1. t-Bar should be applied from the centered end of the t-beam.

Potholders need to be cleaned from slag, metal splashes and checked by external inspection. Poorly executed potholders, as well as potholders with cracks,

should be removed. For t-joints with a one-way seam, place the tacks on the sides that are not subject to welding.

While building t-beams, it is recommended to withstand the welding gap using the technology of embedded strips, the thickness of which must equal the nominal value of the welding gap with the width of 20 – 30 mm.

Removal of temporary fasteners for structures made of low-alloy and carbon steels should be performed by gas cutting and air-arc gouging leaving "edges " no more than 3 mm high, followed by their mechanical stripping flush with the base metal.

In this case, the amount of base metal thinning should not exceed the following values:

- for thicknesses from 8 mm to 15 mm – 0.5 mm;
- for thicknesses from 15 mm to 25 mm – 0.6 mm.

Beams assembled for automated types of welding must be submitted to the Quality control department for compliance with the requirements of the drawings, for the absence of unacceptable defects in the tack and base metal.

### 3.7 Calculation of welding modes

Let's start by calculating the area of the deposited metal (cross-section area) [Akulov A. I.]. Having a sketch of the welded joint (T3) and relying on GOST-8713-79, we have the following data:  $S=16\text{mm}$ ;  $K=10\text{mm}$ ;  $e = 14.1 \text{ mm}$ ;  $g = 2\text{mm}$ .

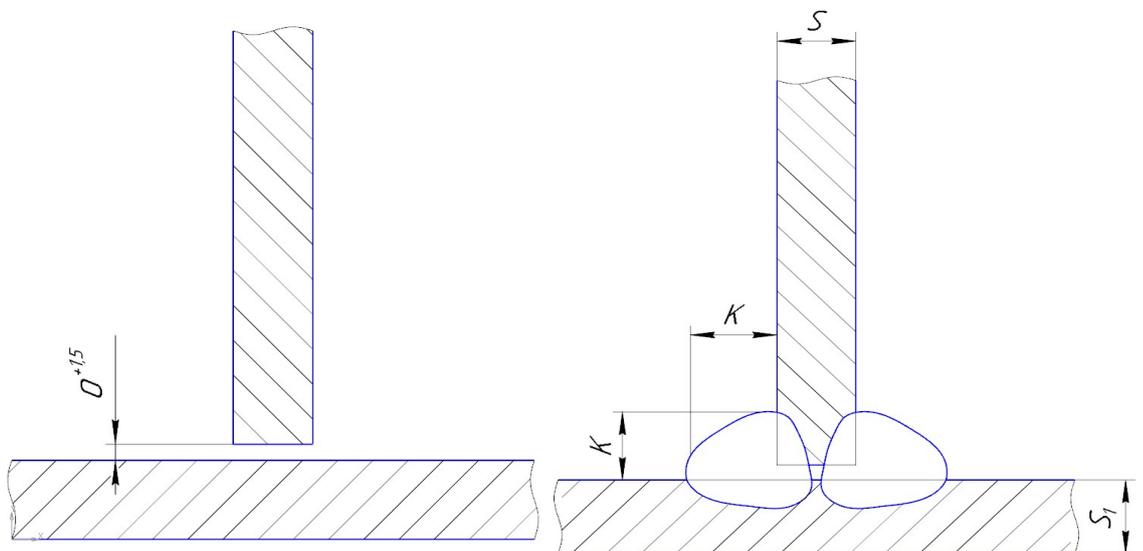


Fig. 3.7.1 - Sketch of the T3 welded joint

Having all the initial data that are necessary for the calculation of the deposited metal, we can proceed to the calculations using the formula (3): Having all the initial data that are necessary for the calculation of the deposited metal, we can proceed to the calculations using the formula (3):

$$Fn = (K \cdot g + \frac{K^2}{2}) = 10 \cdot 2 + 50 = 70mm \quad (3)$$

Now having the size of the area of the deposited metal, you can proceed to the basic calculations of welding parameters. Let's determine the calculated depth of penetration for automatic welding using the formula (4).

$$hp = 0,7 \cdot K = 0,7 \cdot 10 = 7mm \quad (4)$$

$$I_{weld} = \frac{hp}{k1} \cdot 100 = \frac{7}{1,25} \cdot 100 = 560A \quad (5)$$

After calculating the strength of the welding current, the diameter of the welding wire is calculated using the data from table 8.1 using the formula (6).

$$de = Kd \cdot Fn = 0,036 \cdot 70 = 2,52mm \quad (6)$$

Table 3.7.1 - Value of the  $K_D$  coefficient for automatic submerged welding.

Type of current	Value of the $K_D$ coefficient for automatic welding
AC	0,036...0,160
DC	0,040...0,173

After calculating the diameter of the welding wire, you can proceed to calculating e the current density value  $J$  using the formula (7).

$$J = \frac{4I_{weld}}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 560}{3,14 \cdot 3^2} = \frac{2240}{28,26} = 79A / mm^2 \quad (7)$$

After determining the current density, one can calculate the  $V_{weld}$  welding speed using the formula (8).

$$V_{weld} = \frac{\alpha_h \cdot I_{weld}}{3600 \cdot p \cdot F_k} = \frac{14,3 \cdot 560}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,70} = \frac{8008}{19656} = 0,4sm / s \quad (8)$$

Where:  $\alpha_h$  is the surfacing coefficient,  $p$  is the density of the base metal, 7.8.

The value of  $a_h$  is calculated using the formula (9).

$$\alpha_h \sim \alpha_p = 6,8 + 0,0702 \cdot d(-1,505) = 6,8 + 0,0702 \cdot 560 \cdot 0,19 = 14,3 \quad (9)$$

$V_{weld}$  should be in the range of 0.4. 1.6. as shown by calculations, this is the range we are in. Now it is possible to calculate  $U_g$  using the formula (10).

$$U_g = 20 + 0,05 \frac{I_{weld}}{\sqrt{d_e}} = 20 + 0,05 \cdot 329,4 = 36,47 \text{ V} \quad (10)$$

Now we can calculate the linear welding energy  $q_n$  by the formula (11)

$$q_n = \frac{I_{weld} \cdot U_g \cdot \eta}{V_{weld}} = \frac{560 \cdot 36,47 \cdot 0,8}{0,4} = \frac{16338,8}{0,4} = 40846,5 \quad (11)$$

Where:  $g$  is the effective efficiency of the arc,  $\eta = 0.8 \dots 0.85$ .

After calculating the linear energy, we will calculate the coefficient of the weld shape from the main parameters of the welding mode using the formula (12).

$$\Psi = K' \cdot (19 - 0,01) \cdot I_{CB} \cdot \frac{d_e \cdot U_g}{I_{weld}} = 0,9 \cdot 13,4 \cdot 0,2 = 2,4 \quad (12)$$

With reverse polarity current:

$$\text{If } j \leq 120, \text{ then } K' = 0,367 \cdot j \cdot 0,1925 = 0,367 \cdot 2,32 = 0,9$$

Now having the calculation of the weld shape coefficient, we check the depth of penetration  $h$  by the formula (13).

$$h = 0,076 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\Psi}} = 0,076 \cdot 130,5 = 7,7 \text{ mm} \quad (13)$$

If the  $p$  differs from the  $h_p$  value by more than 10%, we need to make adjustments to decrease or increase the  $I_{weld}$  value.

We can calculate the feed rate of the welding wire using the formula (14).

$$V_{n.n} = \frac{4 \cdot V_{weld} \cdot F_K}{\pi \cdot d_e^2} = \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 70}{3,14 \cdot 9} = 4 \text{ sm / s} = 2,4 \text{ m / min} \quad (14)$$

After calculating the wire feed rate, we will calculate the departure of the welding wire using the formula (15).

$$l_e = 10 \cdot d_e \pm 2d_e = 10 \cdot 3 \pm 2 \cdot 3 = 30 \pm 6 \text{ mm} \quad (15)$$

### 3.8 Welding of t-beams

Welding of t-beams must be performed in accordance with the ATP developed for this method of welding.

Table 3.8.1 - Structural elements and dimensions of T8 type t-joints according to GOST 8713-79 (taking into account the requirements of TI 33-18-2017).

Structural element		S, mm	l, mm	q, mm
Prepared edges	Weld			
		18 - 22	$20^{+5}_{-2}$	$5^{+3}$

Table 3.8.2 - Structural elements and dimensions of T3 type t-joints according to GOST 8713.

Structural element		S, mm	K, mm
Prepared edges	Weld		
		8, 10	$8^{+3}_{-1}$
		11, 12	$10^{+3}_{-1}$
		13, 14	$12^{+3}_{-1}$ $14^{+3}_{-1}$
		16	$14^{+3}_{-1}$
- Connection with a structural non-weld at the root of the seam.			

Automatic submerged arc welding should be performed in the modes shown in table 3.8.3.

Table 3.8.3 - automatic submerged welding Modes on the t-beam welding line.

№ п/п	Seam type according to GOST 8713-79	№ pass	welding torch	Current , A	Voltage, B	Welding speed*, cm / min	Running energy, kJ / mm
1	T3-k8	1	leadind	630-680	28-31	40-45	2,2-3,0
			driven	630-680	27-31		2,2-3,0
2	T3-k10	1	leadind	630-680	29-32	40-45	2,3-3,1
			driven	630-680	29-32		2,3-3,1
		2	leadind	450-630	26-29	55-75	0,9-1,8
			driven	450-630	26-29		0,9-1,8
3	T3-k12	1	leadind	650-750	29-31	35-45	2,4-2,9
			driven	650-750	29-32		2,4-3,0
		2	leadind	550-670	29-35	55-70	1,3-2,4
			driven	550-670	29-35		1,3-2,4
		3	leadind	550-670	29-35	60-85	1,1-2,2
			driven	550-670	29-35		1,1-2,2
4	T3-k14	1	leadind	650-750	29-31	40-45	2,7-2,9
			driven	650-750	29-32		2,7-2,9
		2	leadind	630-680	32-36	55-70	1,6-2,5
			driven	630-680	32-36		1,6-2,5
		3	leadind	650-750	29-31	70-80	1,3-1,9
			driven	650-750	29-32		1,3-2,0
5	T8	1	leadind	700-780	29-32	45-55	2,1-3,1
			driven	700-780	29-32		2,1-3,1
		2	leadind	600-660	28-31	50-60	1,6-2,3
			driven	600-660	27-30		1,6-2,3

		3	leadind	500-560	28-31	55-65	1,2-1,8
			driven	500-560	27-30		1,2-1,8
		4	leadind	500-560	27-30	55-65	1,2-1,75
			driven	500-560	27-30		1,2-1,75
		5	leadind	480-540	27-30	65-85	0,9-1,42
			driven	480-540	29-30		0,9-1,42

The angle of inclination of the electrode to the vertical wall should be within 25-60°.

The beginning and end of the seam with a length of at least 50 mm should be displayed on the technological planks with a size of 100x150 mm. The cutting of the edges on the slats must correspond to the cutting of the edges of the welded joint.

The thickness of the output bars must be equal to the thickness of the joint parts to be welded. It is allowed to use films of smaller thickness for connections with a thickness of more than 20 mm.

It is allowed not to put output bars. At the same time, the ends of the seams must be welded with mechanized welding in protective gases.

To ensure continuous wall clamping with the upper roller of the bwm-TC 1200x600 installation (CORIMPEX, Italy) when welding beams whose walls have cutouts for cross-set passage, install a metal edge (strip) with a thickness equal to the wall thickness and a height of at least 100 mm on top of the wall. Fixing the strip to the wall is performed using guides according to Fig. 10.1.

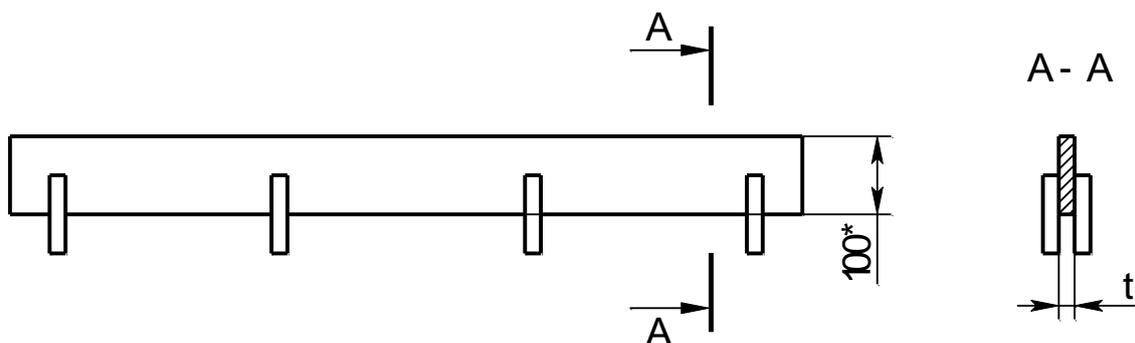


Fig. 3.8.2 - Auxiliary edge for the installation pressure roller BWM-TC  
1200x600 (CORIMPEX, Italy)

\* size for reference;  $t$  – wall thickness of the t-beam;

During the welding process, the inter-weld temperature should not exceed 250 °C for low-alloy welding materials. The temperature is controlled by contact method using a thermopencil or contactless method using a pyrometer.

After performing each layer (pass) and the weld joint as a whole, it is necessary to clean the metal of the seam and the near-seam zone in order to remove slag and metal splashes.

In multi-layer welding, the beginning and end of each layer in the seam must be offset relative to the previous layer by an amount of 20 to 30 mm in the direction opposite to the welding direction.

The edges of the t-beams that are joined together during Assembly should not be welded at a distance of 200-300 mm.

All welds must be marked to identify the welder who performed these welds. The weld must be cleaned and marked by a welder assigned with a number or mark (brand). The brand must be applied with the permanent white paint in the center of the t-beam wall at a distance of 20-50 mm from the fusion zone of the weld.

























