

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 Машиностроение 15.04.01  
 Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка технологии автоматической сварки под слоем флюса тавровых балок на установке Corimpex</b>

УДК 621.791.7.042.4.052-021.465

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гордынец А.С.	К.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина В.А.	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Машиностроение 15.04.01	Гордынец А.С.	К.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<b>Универсальные компетенции</b>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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) Машиностроение 15.03.01  
 Отделение школы (НОЦ) электронной инженерии

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

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

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович

Тема работы:

<b>Разработка технологии автоматической сварки под слоем флюса тавровых балок на установке Согимрех</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 28-46/с от 28.01.2020 г.

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Автоматическая сварка под слоем флюса тавровой балки</p> <p>Установка автоматической сварки балок под слоем флюса Согимрех BWM 1200x600</p> <p>Минимально возможная величина остаточной деформации готовых балок после сварки</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор.</li> <li>2. Сравнительный анализ способов и средств автоматизации сварки тавровых балок.</li> <li>3. Проблематика остаточных деформаций при сварке тавровых балок.</li> <li>4. Обзор установки сварки балок Corimpex BWM-TC 1200x600</li> <li>5. Обзор вспомогательной оснастки для установки Corimpex BWM-TC 1200x600.</li> <li>6. Требования к процессу сварки на установке Corimpex BWM-TC 1200x600.</li> <li>7. Разработка технологии сварки и устранения сварочных деформаций на установке Corimpex BWM-TC 1200x600</li> <li>8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>9. Социальная ответственность.</li> <li>10. Заключение.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Название темы, цель, задачи</li> <li>2. Сравнительный анализ способов и средств автоматизации сварки тавровых балок.</li> <li>3. Остаточные деформации при сварке тавровых балок.</li> <li>4. Методы правки остаточных сварочных деформаций.</li> <li>5-7. Обзор установки сварки балок Corimpex BWM-TC 1200x600 и вспомогательной оснастки.</li> <li>8. Циклограмма процесса сварки.</li> <li>9. Выводы по работе</li> <li>10. Маршрутно-операционная карта процесса сварки.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>1-7</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Гордынец А.С.</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>8</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Федорчук Ю.М.</b></p>
<p style="text-align: center;"><b>9</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Маланина В.А.</b></p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p style="text-align: center;">Реферат</p>	
<p style="text-align: center;">1 Анализ современного состояния методики изготовления тавровых балок</p>	
<p style="text-align: center;">2.2 Методы правки остаточных деформаций</p>	

3 Обзор автоматической линии сварки балок Corimrex BWM-TC-1200x600
4 Технология сварки и правки остаточных деформаций на установке Corimrex BWM-TC 1200x600

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.2020
------------------------------------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович		

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  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
18.03.2020	<i>Сбор литературных данных</i>	
06.04.2020	<i>Проведение анализа учебной литературы, периодических изданий, нормативно-технической документации, с целью систематизации информации о возникновении и правке остаточных сварочных деформаций</i>	
10.04.2020	<i>Сбор сведений по установке Corimrex BWM-TC 1200x600</i>	
13.04.2020	<i>Сбор сведений по дополнительной оснастке Corimrex BWM-TC 1200x600</i>	
20.04.2020	<i>Сбор сведений о требованиях к технологии сварки</i>	
08.05.2020	<i>Разработка технологии сварки и правки остаточных деформаций</i>	
06.06.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	
11.06.2020	<i>Социальная ответственность</i>	
13.06.2020	<i>Английский язык</i>	
10.06.2020	<i>Заключение</i>	
12.06.2020	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н, доцент		10.06.2020

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 «Машиностроение»	Гордынец А.С.	к.т.н., доцент		10.06.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ81	Власенкову Дмитрию Олеговичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

**Тема диссертации:** «Разработка технологии автоматической сварки тавровых балок под слоем флюса на установке Согимрех»

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Сварочная установка, находящаяся в закрытом цехе, оборудованном системой вытяжной вентиляции и светильниками дневного света, системой автоматического пожаротушения. Цех является частью судостроительного комплекса, расположенного на побережье Уссурийского залива. Целью данной работы является разработка технологии автоматической сварки под слоем флюса. Вид сырья: металл, проволока, флюс
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Анализ вредных и опасных факторов</b>	Анализ факторов, которые могут оказывать негативное воздействие на человека. К вредным факторам относятся: 1. Отклонения показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума на рабочем месте. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, токсичность поллютантов, ПДК, класс опасности. 5. Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Также возможно воздействие на человека опасных производственных факторов: 1. Электрический ток; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления, средства индивидуальной и коллективной защиты. Проведен расчет освещения рабочего места, представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ. 2. Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	Описание образующихся в производственном процессе отходов черного металла, абразивной пыли, их классификация и способ утилизации.

<b>3. Обеспечение работы предприятия в чрезвычайных ситуациях</b>	Обеспечение безопасности и устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях, предотвращение их влияния на режим работы. На предприятии возможно возникновение следующих типов ЧС: 1. Природного характера – тайфуны (опасность затопления территории предприятия, цеха, путей снабжения и эвакуации). Приведены меры по предотвращению затопления и материального ущерба. 2. Антропогенного характера – несанкционированное проникновение посторонних лиц в рабочую зону (вандализм, шпионаж, диверсия). Приведены меры по обеспечению охранных мер и ограничения доступа.
<b>4. Перечень нормативно-технической документации, используемой в разделе «Социальная ответственность»</b>	Перечисление законодательных актов (ГОСТы, СанПиНы, СНиПы, ЛНД), используемых в данном разделе. Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы).

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович		26.02.2020



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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ81	Власенкову Дмитрию Олеговичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных	Анализ информации, предоставленной в российских и зарубежных источниках и публикациях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Анализ нормирования ресурсных затрат.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Анализ данных о налогах и прочих отчислениях в соответствии с законодательством РФ.

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений,
2. Сравнительная оценка эффективности проекта	SWOT-анализ, выявление сильных и слабых сторон проекта
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет бюджета научно-технического исследования: материальных затрат НИИ; основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	26.02.2020
-------------------------------------------------------------	------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович		26.02.2020

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит 80 с., 13 рис., 20 табл., 24 источников.

Ключевые слова: автоматическая сварка, сварка под слоем флюса, сварка тавровых балок, остаточные деформации, сварочная установка, автоматическая линия.

Объектом исследования является обзор существующих способов сварки тавровых балок и разработка новой технологии сварки тавровых балок под слоем флюса на автоматической сварочной линии.

Цели работы: разработать технологию сварки и правки тавровых балок, привести результаты разработки в виде технологической карты.

В процессе исследования проводились анализы существующих способов сварки тавровых балок, способы правки остаточных деформаций.

В результате исследования была разработана технология автоматической сварки тавровых балок под слоем флюса и технология правки остаточных деформаций балок непосредственно в процессе сварки, составлена циклограмма и маршрутно-операционная карта процесса сварки.

Степень внедрения: проявление интереса к исследуемой установке и технологии сварки у большего числа предприятий.

Область применения: данный способ сварки может применяться в разных отраслях: судостроении, промышленном и гражданском строительстве.

Экономическая эффективность/значимость работы: сравнив значения показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется унификация данной технологии сварки с другими моделями автоматических сварочных линий.

Определения, сокращения и нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;
- СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;
- СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;
- ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;
- Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;
- ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования к безопасности;
- ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

ОГСв – отдел главного сварщика;

ОТК – отдел технического контроля;

РМРС – Российский морской регистр судоходства;

СПС – спецификация процесса сварки;

$I_{св}$  – сварочный ток;

$U_d$  – напряжение дуги;

$t_{под}$  – время подачи (движения) балки;

$t_{фл}$  – время подачи флюса;

$t_{св}$  – время подачи сварочного тока (время сварки);

$t_{нр}$  – время активации нижних прижимных роликов;

$t_{вспом}$  – время вспомогательных операций;

$t_{зж}$  – время активации боковых прижимных роликов;

$F_{вр}$  – сила прижима верхнего прижимного ролика во время работы установки;

$I_{нагр}$  – ток индукционных нагревателей во время работы установки.

## Оглавление

Введение.....	15
1 Анализ современного состояния методики изготовления тавровых балок ...	16
1.1 Методы и оборудование сварки тавровых балок .....	16
1.1.2 Преимущества автоматической дуговой сварки под слоем флюса на автоматической поточной линии.....	17
2 Проблематика остаточных напряжений и деформаций при сварки тавровых балок .....	18
2.1 Методики расчета остаточных сварочных деформаций.....	21
2.2 Методы правки остаточных сварочных деформаций .....	26
3 Обзор автоматической линии сварки балок Corimrex BWM-TC-1200x600..	29
3.1 Устройство линии Corimrex BWM-TC 1200x600.....	30
4 Технология сварки и правки остаточных деформаций на установке Corimrex BWM-TC 1200x600 .....	32
4.1 Технология сварки на установке Corimrex BWM-TC 1200x600 .....	32
4.2 Система индукционного нагрева EFD Sinac 25/40 SM Twin.....	32
4.3 Технология правки остаточных деформаций на установке Corimrex BWM-TC 1200x600 .....	34
5 Требования к технологии сварки.....	37
5.1 Требования к квалификации сварщиков и технического персонала...	37
5.2 Требования к применяемым способам сварки.....	37
5.3 Требования к основным и сварочным материалам .....	38
5.4 Требования к производственным и климатическим условиям .....	38
5.5 Требования к подготовке кромок и сборке под сварку.....	39
5.6 Допуски на размеры, форму оснастки, деталей, узлов, тавровых балок, деформации и габаритные размеры .....	41
5.7 Сварка тавровых балок и контроль качества сварных швов .....	43
6 Социальная ответственность .....	46
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	71

Заключение .....	89
Список использованных источников .....	90

## **Введение**

Сварные балки таврового профиля получили широкое распространение в различных отраслях современной промышленности. Однако на сегодняшний день при их изготовлении существует проблема остаточных деформаций, неизбежно возникающих в процессе сварки, и недостаточно широкое распространение современных высокоэффективных технологий устранения этих деформаций. Как правило, устранение деформаций балок требует дополнительных операций по механической правке с применением нагрева балки. Такие операции требуют наличия на производстве дополнительного участка механической правки, влекут за собой лишние затраты времени и рабочей силы.

Целью данной работы является описание механизма возникновения и правки сварочных деформаций, выбор оборудования, оснастки и разработка технологии сварки, которые позволят добиться значительного снижения остаточных деформаций балок.

## **1 Анализ современного состояния методики изготовления тавровых балок**

Балки таврового профиля получили широкое распространение в различных отраслях строительства и промышленности. Благодаря своей простоте конструкции (тавровая балка состоит только из двух элементов – стенки и полки) их изготовление хорошо поддается механизации. Достаточно большое количество тавровых балок имеется в составе корпусных конструкций судов.

Процесс изготовления тавровой балки состоит из следующих основных этапов:

- резка металла на заготовки (стенку и полку);
- обработка кромок под сварку (притупление, скругление, зачистка);
- установка стенки и полки в сборочно-сварочное устройство (кантователь, сварочный стол, поточная линия);
- установка прихваток и сварка;
- правка остаточных деформаций.

### **1.1 Методы и оборудование сварки тавровых балок**

Для изготовления тавровых балок в промышленности и, в особенности, в судостроении наиболее часто применяются следующие виды сварки:

- дуговая сварка проволокой сплошного сечения в среде инертного защитного газа;
- дуговая сварка проволокой сплошного сечения в среде активного защитного газа;
- дуговая сварка порошковой проволокой с флюсовым наполнителем в среде активного защитного газа;



- дуговая сварка порошковой проволокой с металлическим наполнителем в среде инертного защитного газа;
- дуговая сварка под слоем флюса проволокой сплошного сечения.

Применяемые типы оборудования для автоматизации процесса сварки тавровых балок:

- сварочный трактор;
- сварочная каретка;
- автоматическая поточная линия.

### **1.1.2 Преимущества автоматической дуговой сварки под слоем флюса на автоматической поточной линии**

Все вышеперечисленные виды сварки в равной степени пригодны для автоматизации процесса сварки тавровых балок. Однако по отношению ко всем перечисленным видам сварки типа «проволока-газ» дуговая сварка под слоем флюса проволокой сплошного сечения имеет ряд преимуществ:

- экономичность: нерасплавившийся флюс собирается и используется повторно, а проволока сплошного сечения дешевле проволоки с флюсовым или металлическим наполнителем; отсутствует расход газа;
- малое разбрызгивание металла (как следствие, снижение его потерь, что также положительно сказывается на экономичности процесса сварки);
- флюс обладает низкой теплопроводностью и препятствует быстрому охлаждению металла (вследствие этого газы и неметаллические включения успевают всплыть на поверхность сварочной ванны раньше, чем металл кристаллизуется);
- дуга скрыта под слоем флюса, что исключает ее световое воздействие на глаза сварщика (оператора).

Из оборудования для автоматизации сварки, для достижения максимальной эффективности и скорости процесса, наиболее предпочтительно

использовать автоматическую поточную линию. Она обладает следующими преимуществами:

- одновременная сварка несколькими головками с обеих сторон балки;
- стабильная скорость сварки;
- не требуется устанавливать и демонтировать направляющие планки на каждом свариваемом изделии (как в случае со сварочной кареткой или сварочным трактором при их использовании с ним);
- не требуется следить за отклонением от траектории движения при отсутствии направляющих, износом ведущих колес (роликов), натяжением сварочных кабелей (как в случае со сварочным трактором);
- возможность снижения (вплоть до нуля или допустимого значения, установленного техническим заданием на изготовление) величины остаточной деформации балки непосредственно в процессе сварки (при использовании соответствующей оснастки).

Разработке технологии сварки с такой возможностью, исключая при этом отдельные операции по правке балки, и посвящается настоящая диссертация.

## **2 Проблематика остаточных напряжений и деформаций при сварки тавровых балок**

Основные способы сварки балок в промышленности связаны с высокотемпературным нагревом металла и последующим охлаждением с различной скоростью. Тепловая энергия, вводимая в сварное соединение в процессе сварки, неизбежно приводит к возникновению и развитию в сварной конструкции напряженно-деформационного состояния. Напряжения и деформации, характеризующие такое состояние, называются сварочными напряжениями и сварочными деформациями. Их наличие в сварной конструкции может влиять не только на размеры и форму её элементов, на качество сварных соединений, но и на работоспособность конструкции.

Возникновение сварочных напряжений и деформаций обусловлено:

- неравномерным распределением температур в сварном соединении на этапе его нагрева и последующего охлаждения;
- литейной усадкой металла шва – уменьшением объема металла сварочной ванны при затвердевании;
- объемными изменениями металла шва и околошовной зоны при фазовых превращениях на этапах нагрева и охлаждения [1].

Различают следующие виды деформаций металла при сварке:

1. Температурные (или свободные) деформации, которые вызваны физическим свойством металла расширяться при нагреве:

$$\varepsilon_{\alpha} = \alpha T, (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;  $T$  – изменение температуры,  $^{\circ}\text{C}$ .

2. Наблюдаемые деформации  $\varepsilon_{\text{н}}$  – деформации элементов конструкций, которые можно определять с помощью чувствительных приборов.

3. Внутренние (или собственные) деформации  $\varepsilon_{\text{вн}}$ , которые возникают в результате затруднений при усадке шва вследствие неравномерного нагрева:

$$\varepsilon_{\text{вн}} = \varepsilon_{\text{н}} + \varepsilon_{\alpha}. (2)$$

В то же время неравномерный нагрев в процессе сварки приводит к неравномерной пластической деформации, поэтому внутренние деформации состоят из упругих  $\varepsilon_{\text{упр}}$  и пластических  $\varepsilon_{\text{пл}}$ :

$$\varepsilon_{\text{вн}} = \varepsilon_{\text{упр}} + \varepsilon_{\text{пл}}, (3)$$

причём эти деформации могут возникать как при сжатии, так и при удлинении. Таким образом, общая деформация при сварке может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_{\text{н}} = \varepsilon_{\text{упр}} + \varepsilon_{\text{пл}} - \varepsilon_{\alpha}. (4)$$

К наиболее часто встречающимся в строительных стальных конструкциях общим деформациям от сварки относят деформации от неравномерной продольной и поперечной усадки шва, например,

серповидность (рис. 1, а), скручивание элементов (винтообразность) относительно продольной оси, деформации излома, изгиб элементов (рис. 1, б) и др. [1, 2].

При проектировании и изготовлении строительных конструкций необходимо считаться с появлением временных и остаточных напряжений и деформаций, понимать механизм их образования и принимать меры для их предотвращения или уменьшения до допускаемых значений, при которых их влияние не будет опасным. В некоторых случаях небольшая величина сварочных деформаций элементов строительных конструкций допускается для дальнейшей их эксплуатации. Так, согласно СНиП 3.03.01–87, допускается грибовидность (изгиб) полок элементов таврового и двутаврового сечения в стыках и местах примыкания размером до 0,5 % ширины полки, а предельный прогиб элементов от 1/200 до 1/750 длины в зависимости от конструкции и условий работы, но не более 15 мм.

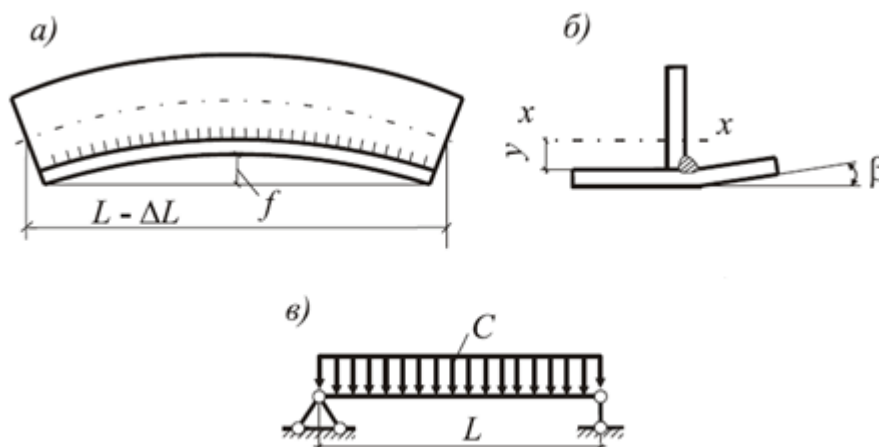


Рисунок 1 - Схема деформации и нагружения при сварке таврового элемента:

а – серповидность элемента; б – деформации изгиба полки; в – схема нагружения

В случае превышения предельно допустимых СНиП 3.03.01–87 значений остаточных деформаций сварные конструкции подлежат правке в нагретом состоянии для устранения деформаций.

Присутствие напряжений и деформаций от термомодеформационного цикла сварки важно учитывать при расчёте на прочность сварной конструкции. На основе приближенных расчетов, используемых в теории сварочных деформаций и напряжений, обычно определяют деформации сварных элементов для установления допусков и припусков на элементы несущих и ограждающих конструкций. При этом вычисление с определённой долей вероятности остаточных сварочных напряжений и деформаций в общем случае представляет достаточно сложную задачу, так как должно учитывать все причины, вызывающие их возникновение, а также теплофизические свойства материала.

## **2.1 Методики расчета остаточных сварочных деформаций**

Наибольшее практическое применение при расчёте остаточных сварочных деформаций получили методики б. МВТУ им. Н.Э. Баумана и б. Ленинградского политехнического института (ЛПИ). В методике б. МВТУ им. Н.Э. Баумана (методика 1) определение сварочных деформаций складывается из двух этапов – определение усадочной силы и определение деформаций, зависящих от её величины [3].

В методике б. ЛПИ (методика 2) остаточные сварочные деформации определяют непосредственно как сумму остаточных пластических деформаций укорочения, возникающих в сварной конструкции – от нагрева до полного остывания [1, 2]. Обе методики предусматривают принцип одновременной заварки шва по всей длине элементов, а также, что во всех сечениях элементы одинаковы.

В настоящей работе приведён сравнительный анализ этих методик расчёта применительно к тавровым балкам с продольными поясными швами. Наложение сварных швов осуществлялось тремя способами, представленными в табл. 1. Конструктивные параметры сварного шва и режимы сварки отражены

в табл. 2, а результаты измерения деформаций в сварных балках и их предельные допустимые по СНиП 3.03.01–87 значения - в табл. 3.

Таблица 1 – Способы наложения сварных швов

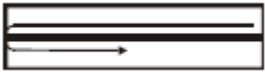

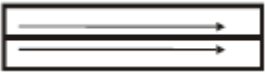
Образец	Способ наложения сварных швов	
Балка 1	Вкруговую за один проход	
Балка 2	От середины к краям	
Балка 3	В одном направлении	

Таблица 2 – Конструктивные параметры сварного шва и режимы сварки

Образец	Длина (L), мм	Толщина полки ( $t_{п}$ ), мм	Сварочный ток ( $I_{св}$ ), А	Напряжение дуги ( $U_{д}$ ), В	Катет шва (K), мм	КПД, %
Балка 1	0,8	3	100	32	4	0,65
Балка 2	0,8	5	170	32	6	0,65
Балка 3	0,8	3	100	32	4	0,65

Таблица 3 – Результаты измерения деформации в сварных балках и их предельно допустимые значения по СНиП 3.03.01-87

Образец	Прогиб (f), мм	Углы изгиба полок ( $\beta_1; \beta_2$ ), град.	Предельно допустимый прогиб ( $f_{max}$ ), мм	Предельно допустимые углы изгиба полок ( $\beta_1; \beta_2$ ), град.
Балка 1	-6	2,6; 2,0	-3,2	0,6
Балка 2	-2	1,2	-3,2	0,6
Балка 3	-1	0,5	-3,2	0,6

При сварке таврового элемента двухсторонним швом наблюдается укорочение на величину  $\Delta L$ , прогиб  $f$  и изгиб полок (грибовидность) на угол  $\beta$  (рис. 1, б). При использовании методики 1 определяются элементы деформаций, возникающих непосредственно в сварном соединении. Это продольные и поперечные остаточные пластические деформации, создающие продольную и поперечную усадку  $\Delta_{пр}$  и  $\Delta_{поп}$ . В качестве расчетного параметра, характеризующего действие продольных пластических деформаций, используется фиктивная продольная усадочная сила  $P_{yc}$  (рис. 1), которая может быть вычислена по формуле

$$P_{yc} = B \cdot q_{п}. \quad (5)$$

Коэффициент  $B$ , определённый экспериментально для разных материалов, учитывает их теплофизические свойства и тип сварного шва. Погонная энергия дуги находится из выражения:

$$q_{п} = \eta I U / v_{св}, \quad (6)$$

где  $\eta$  – эффективный КПД процесса сварки;  $I$  – сварочный ток;  $U$  – напряжение дуги;  $v_{св}$  – скорость сварки.

Усадочная сила пропорциональна площади зоны пластической деформации и прикладывается к центру тяжести этой площади. По данным Б.П. Азимова [4], усадочная сила для тавровой балки с двухсторонним однопроходным швом определяется как

$$P_{yc2} = (1,3 - 1,44)P_{yc}. \quad (7)$$

Продольное укорочение от сварки продольных швов:

$$\Delta_{пр} = P_{yc2}L / EA, \quad (8)$$

где  $L$  – длина балки;  $A$  – площадь поперечного сечения;  $E$  – модуль упругости. При этом можно считать, что усадочная сила приложена на линии контакта свариваемых элементов.

Сварка продольных швов вызывает угловой поворот  $\phi$  концов балки и её прогиб  $f$ , которые определяются по формулам:

$$\phi = P_{yc}eL / EJ, \quad (9)$$

$$f = P_{yc}eL^2 / 8EJ . (10)$$

При сварке продольных швов в тавровых балках возникают деформации изгиба полки. При двухсторонней однопроходной сварке деформация изгиба полки определяется как

$$\beta_{(1+2)} = 2 \beta_1 + \beta_k. (11)$$

Деформация изгиба от усадки катета шва вычисляется по формуле:

$$\beta_k = \varepsilon_T D, (12)$$

где  $\varepsilon_T$  – относительная деформация, соответствующая пределу текучести металла шва;  $D$  – коэффициент, зависящий от толщины стенки, полки и величины катета шва, может быть определён по номограмме [3].

В методике 2 для определения внутренних усилий, которые вызывают укорочение балки, прогиб и изгиб полки, рассчитывается фиктивная равномерно распределённая нагрузка  $C$ , действующая на шарнирно-опёртую балку и вызывающая её кривизну (рис. 1, в). Момент этой нагрузки  $C$  равен максимальному прогибу  $f$  в середине балки длиной  $L$  и определяется по формуле:

$$f = CL^2 / 8. (13)$$

Кривизна  $C$ , в свою очередь зависит от режима сварки ( $q_n$ ), теплофизических свойств материала  $\mu$ , геометрической жёсткости ( $y / J_x$ ) и места расположения шва:

$$C = \mu q_n y / J_x, (14)$$

где  $y$  – координата шва, см;  $J_x$  – момент инерции поперечного сечения элемента относительно оси  $x$ ;  $q_n$  – погонная энергия дуги.

Произведение  $\mu q_n$  называется суммой пластических деформаций укорочения  $\Sigma \varepsilon_{пл.ук}$ .

Укорочение элемента после сварки удобнее оценивать по линии центра тяжести

$$\varepsilon_{цт} = \Sigma \varepsilon_{пл.ук} / A, (15)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения.



Тогда абсолютное укорочение элемента после сварки определяется выражением

$$\Delta L = \varepsilon_{\text{цт}} L, \quad (16)$$

Для двухсторонних швов

$$\varepsilon_{\text{цт}} = 2\mu q_{\text{п}} / A. \quad (17)$$

Грибовидность полок основного сечения происходит под действием поперечной усадки поясных швов и зависит главным образом от толщины поясов и катета шва. Ее можно определить по формуле:

$$\Delta = 0,5 b_{\text{п}} \operatorname{tg}\beta, \quad (18)$$

где  $b_{\text{п}}$  – ширина полки.

Изгиб полок (грибовидность) на угол  $\beta$  при сварке двухпоясных швов, выполненных на одинаковых режимах, можно определить, считая, что  $\beta = \beta_1 + \beta_2 \sim 2\beta_1$ . Тогда угол изгиба полок можно определить приближенно по эмпирической формуле

$$\beta = 0,1 (k / t_{\text{п}} - 0,1), \quad (19)$$

где  $k$  – катет шва;  $t_{\text{п}}$  – толщина полки.

Результаты расчетов для балок 1 и 2 представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты расчета остаточных деформаций

Образец	$\varepsilon_{\text{цт}}, \text{мм}^2$	$C, 1/\text{м}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\Delta, \text{мм}$	$f, \text{мм}$	$\beta_1 \sim \beta_2,$ град
Балка 1	$-1,91 \cdot 10^{-3}$	$-3,48 \cdot 10^{-5}$	-1,53	5,50	-2,8	3,5
Балка 2	$-1,90 \cdot 10^{-3}$	$-2,06 \cdot 10^{-5}$	-1,49	5,52	-1,6	3,5

При сопоставлении измеренных значений прогиба  $f$  и углов изгиба полок  $\beta_1$  и  $\beta_2$  с максимальными предельно допустимыми значениями прогиба ( $L/200$ ) и углов изгиба полок, а также с их значениями, рассчитанными с применением представленных выше методов, были сделаны следующие выводы:

1. Минимальные значения прогиба  $f$  и углов изгиба полок  $\beta_1$  и  $\beta_2$  получены при сварке прерывистым швом. Значения  $f$ ,  $\beta_1$  и  $\beta_2$  лежат в допустимых СНиП 3.03.01–87 пределах. Балка с прерывистым швом не нуждается в правке.

2. При сварке поясных швов способом от середины к краям значения прогиба  $f$  ниже предельно допустимых, в то время как углы изгиба полок в два раза превышают минимально допустимые значения, и балка требует правки.

3. Наибольшие деформации характерны для балки, сваренной вкруговую однопроходным швом. Более того, указанный способ наложения сварного шва приводит к скручиванию балки относительно продольной оси под действием крутящих моментов.

4. Значения прогиба  $f$ , рассчитанные с использованием методики 1 и методики 2, отличаются от реальных значений для балки 1 приблизительно в 2 раза, а для балки 2 соответствуют измеренным после сварки. Расчётные значения углов изгиба полок наиболее близки к измеренным при использовании методики 1.

## **2.2 Методы правки остаточных сварочных деформаций**

Остаточные деформации сварных конструкций в промышленности устраняют следующими способами.

1. Механические способы (холодная правка). Они основываются на создании пластических деформаций удлинения в холодном состоянии с целью исправления пластических деформаций укорочения или изгиба, вызванных сваркой (холодная правка). Применяют гибку, растяжение, осаживание металла по толщине под прессом, прокатку, проковку. Последние две операции выполняют в пределах шва и околошовной зоны. В результате холодной правки размеры и конфигурация изделия доводятся до заданных проектных значений. Необходимо учитывать, что чрезмерная деформация при правке изделия может вызвать появление трещин в шве и околошовной зоне, что для конструкции

недопустимо. Холодную правку выполняют с помощью прессов, домкратов, вальцев или ручную кузнечным инструментом.

2. Термические способы (горячая правка). Она основана на создании пластических деформаций конструкции – в горячем состоянии при электрическом или газовом нагреве. Этим способом можно устранить искривление толстостенных сварных элементов, а также выпучины в листовых конструкциях. При этом способе правки металл нагревают пятнами или участками, чем вызывают пластические деформации сжатия. Углеродистые стали обычно нагревают пламенем до 650...1000°C. Необходимо стремиться к кратковременному и концентрированному нагреву, чтобы соседние зоны оставались ненагретыми и сопротивлялись расширению нагретого металла. О результатах правки можно судить лишь после полного остывания конструкции. Листовые элементы иногда после нагрева осаживают молотом на плоскости. Так как нагретый металл имеет низкий предел текучести (он пластичен), то он легко осаживается, и в нем при этом возникают пластические деформации сжатия.

Для устранения деформаций тавровых балок используется термическая правка с местным нагревом. Она основана на развитии пластического деформирования сжатием растянутых участков конструкции. При правке этим методом обычно нагревают растянутую часть деформированной детали. Нагрев производят в отдельных участках. При этом расширению металла препятствуют окружающие его холодные части детали. В этих участках металл испытывает пластическую деформацию сжатия и укорочения растянутых волокон металла. При последующем охлаждении эти участки, сокращаясь, выпрямляют изделие.

В соответствии с РД 5.96210-83, при общем изгибе балок, превышающем допустимые нормы, правку их следует производить до установки на секции холодным методом на прессах. Допускается выполнять правку сварных балок путем нагрева отдельных участков по выпуклой стороне пояска или стенки (рис. 2):

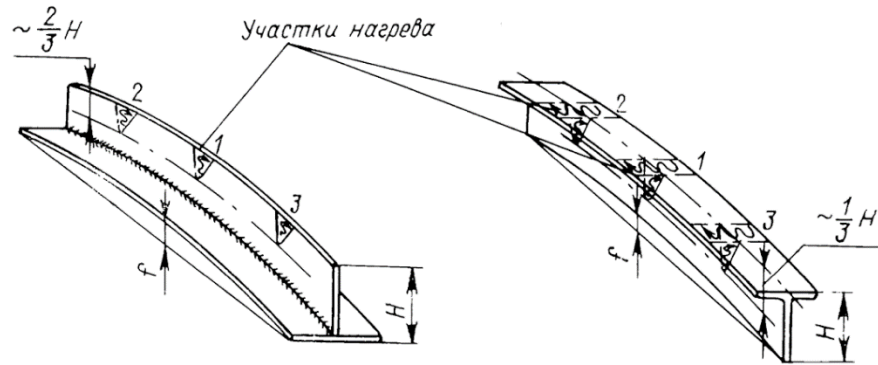


Рисунок 2 - Схема правки продольного изгиба сварных и катанных балок в случае изгиба на пояс

При правке балок набора комбинированным методом дополнительную посадку металла следует производить с помощью груза, закреплений или других приспособлений (рис. 3):

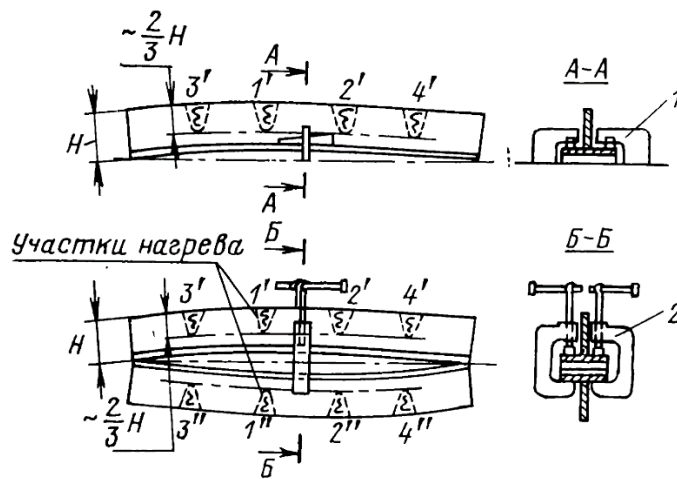


Рисунок 3 - Схема правки сварных тавровых балок нагревом с принудительной посадкой.

1 — скоба; 2 — струбцина сборочная; 1', 1'', 2', 2'', 3', 3'' - очередность нагрева.

### **3 Обзор автоматической линии сварки балок Corimpex BWM-TC-1200x600**

В соответствии с выводами, сделанными в разделе 1.1 о предпочтительном использовании для сварки тавровых балок автоматической (поточной) линии сварки под слоем флюса, а также задавшись возможностью снижения сварочных деформаций изделий (балок) непосредственно в процессе сварки, без необходимости их отдельной правки, проведем обзор наиболее соответствующей перечисленным требованиям модели данного оборудования.

На рассматриваемом в рамках настоящей диссертации предприятии АО «Дальневосточный завод «Звезда» (г. Владивосток) установлена автоматическая линия сварки балок под слоем флюса Corimpex BWM-TC 1200x600 (рис. 4). Она позволяет сваривать в автоматическом режиме тавровые и двутавровые балки постоянного и переменного профиля длиной от 1500 до 12000 мм, с высотой стенки от 350 до 1200 мм при ее толщине от 8 до 25 мм, и шириной полки от 120 до 600 мм при толщине от 8 до 40 мм.

Линия снабжена рольгангом с пневматическими прижимами, позволяющими автоматически позиционировать заготовки перед сваркой, а также кантователем для выгрузки готовых изделий. Однако главной особенностью данной модели, представляющей наибольший интерес, является наличие оснастки для правки остаточных деформаций балок непосредственно в процессе сварки. Данная оснастка включает в себя систему индукционных нагревателей EFD Sinac 25/40 SM Twin и прижимной ролик переменного усилия (для балок переменного профиля или балок с вырезами устанавливается группа из нескольких роликов).

Регулируя силу прижима ролика (группы роликов) по мере прохождения балки через сварочный участок линии и нагревая ее в требуемых местах, как описано в разд. 2.2, можно добиться снижения деформации балки по окончании сварочного процесса до нуля или до величины, не превышающей допустимых

значений. Подробное описание работы данной системы правки деформаций и настройка режимов ее работы будет проведено далее.

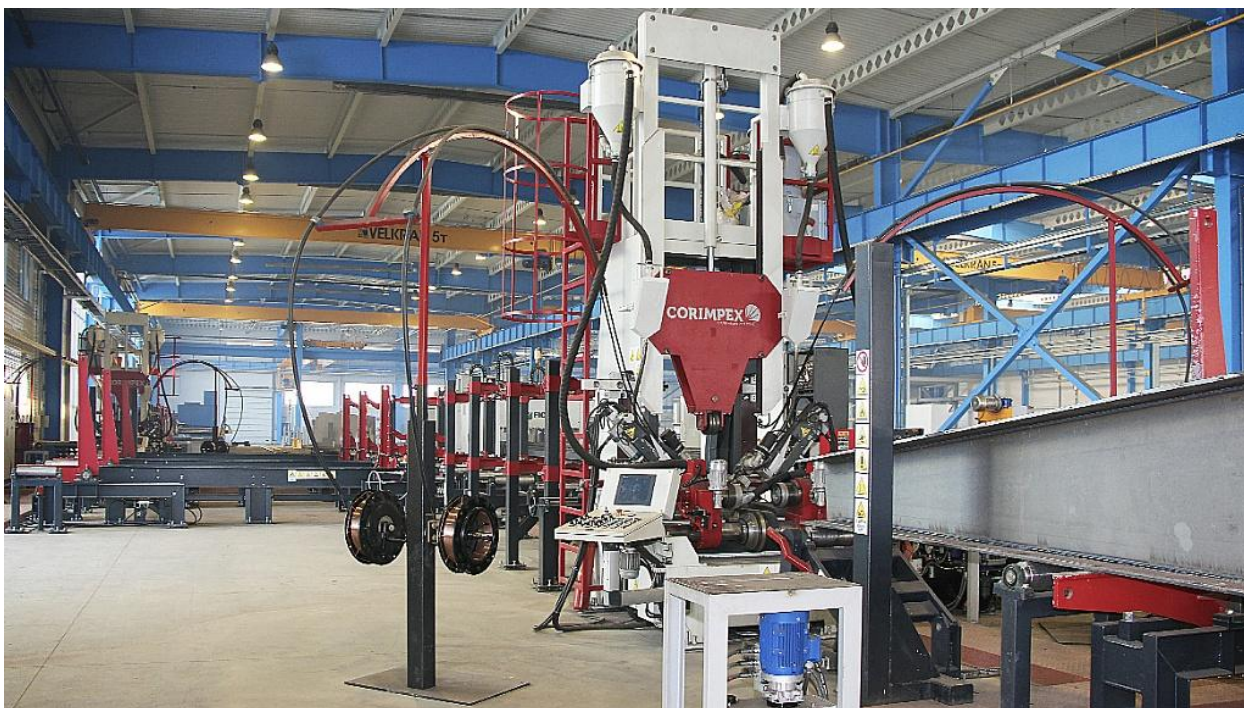


Рисунок 4 – Общий вид линии Corimrex BWM-TC 1200x600

### 3.1 Устройство линии Corimrex BWM-TC 1200x600

На рис. 5 – 6 показаны основные элементы и рабочие органы сварочной линии Corimrex BWM-TC 1200x600:

- 1 – пульт управления;
- 2 – нижние прижимные ролики;
- 3 – эксцентриковый зажим;
- 4 – электродвигатель;
- 5 – верхний прижимной ролик;
- 6 – трубка подачи флюса;
- 7 – система подачи проволоки;
- 8 – трубка подачи проволоки;
- 9 – сварочная головка;



- 10 – трубка отсоса неиспользованного флюса;
- 11 – боковые прижимные ролики;
- 12 – пневмоцилиндры;
- 13 – опорно-подающие ролики.

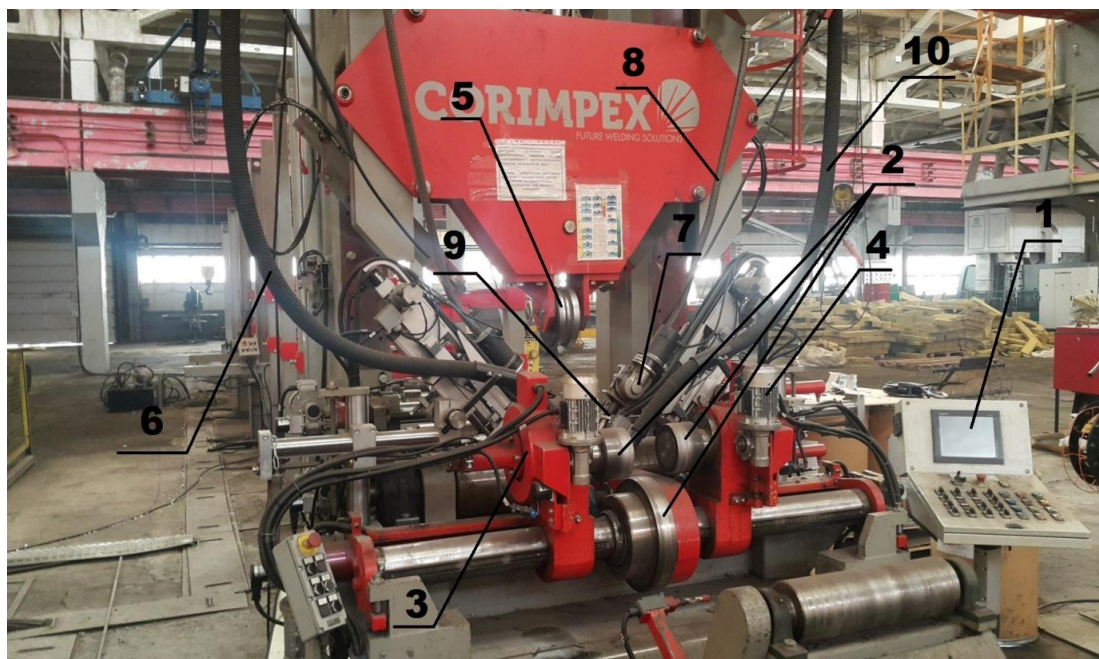


Рисунок 5 – Сварочный участок установки Cogimrex BWM 1200x600



Рисунок 6 – Элементы рольганга установки Cogimrex BWM 1200x600

## **4 Технология сварки и правки остаточных деформаций на установке Corimpex BWM-TC 1200x600**

### **4.1 Технология сварки на установке Corimpex BWM-TC 1200x600**

Перед началом сварки рабочая зона должна быть очищена от остатка флюса и загрязнений, должен быть засыпан флюс в бункеры для флюса и заведена проволока в подающие устройства (7). Заготовки балки (полка и стенка) устанавливаются на рольганг и закрепляются боковыми прижимными роликами (11). Сварщик скрепляет полку и стенку прихватками (длина и шаг прихваток указывается в СПС в зависимости параметров балки). К обоим концам балки привариваются Т-образные выводные планки (в некоторых случаях сварка ведется без выводных планок с неполным проваром соединения). Балка заводится передним концом внутрь сварочного участка так, чтобы выводная планка находилась напротив сварочной головки, и прижимается верхним прижимным роликом (5). На выводную планку в места сварки подается флюс по трубкам (6). Включаются электродвигатели (4) привода подающего механизма. Включается подача сварочного тока через контактные наконечники на проволоку. Включаются системы подачи проволоки (7), зажигаются дуги по обеим сторонам балки, начинается процесс сварки.

### **4.2 Система индукционного нагрева EFD Sinac 25/40 SM Twin**

Система индукционного нагрева EFD Sinac 25/40 SM Twin (рис. 7) предназначена для местного индуктивного нагрева верхней части тавровой балки во время процесса сварки. Данная система состоит из следующих элементов:

- 1 – корпус с источником питания;
- 2 – панель управления;
- 3 – выключатель питания;



4 – кабели ;

5 – индукционные нагреватели.

Индукционный нагрев, в отличие от традиционных видов нагрева для термической правки балок, имеет ряд преимуществ:

1. Изделие нагревается до нужной температуры гораздо быстрее. Скорость индукционного нагрева составляет 100-250 градусов в секунду.

2. Нагрев деталей позволяет ослабить внутренние напряжения в металле и снизить их увеличение во время сварки.

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

4. Предварительный подогрев создает более равномерное распределение тепла по сечению изделия при остывании шва. Подогретый перед сваркой металл остывает одновременно с остыванием шва, и усадка шва не встречает препятствий со стороны прилегающих зон основного металла.

5. При индукционный нагреве не образуются сколы или окалины, а также нет следов масла.



Рисунок 7 - Система индукционного нагрева EFD Sinac 25/40 SM Twin

б. Благодаря программному обеспечению, установленному в индукционную установку, весь рабочий процесс может контролироваться автоматически, что дает возможность получения более точных результатов обработки.

Необходимая мощность индукционного нагрева вычисляется по формуле:

$$P = k \cdot a \cdot b \cdot v \cdot g \cdot C \cdot \Delta T,$$

где:

$k = 2,9$  - коэффициент, учитывающий потери в преобразователе, потери соединительных линий, потери в индукторе, потери на излучение, потери на конвекцию, увеличение теплоемкости от температуры;

$a$ , м – ширина нагреваемой полосы металла;

$b$ , м - ширина нагреваемой полосы металла;

$v$ , м/сек – скорость движения полосы;

$g$ , кг/м<sup>3</sup> - плотность стали;

$C$ , Дж/кг·град – удельная теплоемкость стали;

$\Delta T$ , град – требуемая температура нагрева.

#### **4.3 Технология правки остаточных деформаций на установке Corimpex BWM-TC 1200x600**

Исходя из вышеприведенных рассуждений и основываясь на стандартном процессе сварки на установке Corimpex BWM-TC 1200x600, можно сделать вывод, что наибольшие сварочные деформации (прогиб) присутствуют в середине балки и, следовательно, мощность индукционного нагрева, а также усилие верхнего прижимающего ролика должны быть наибольшими в момент прохождения середины балки через сварочный участок. Таким образом, мощность нагревателей и усилие ролика увеличиваются от момента прохождения через сварочный участок начала балки к моменту

прохождения через него середины балки до максимального значения, и к прохождению через сварочный участок противоположного конца балки снова снижаются до начальной величины.

На рис. 8 приведена циклограмма работы сварочной установки с учетом изменения мощности индукционных нагревателей и величиной прижима верхнего прижимного ролика.

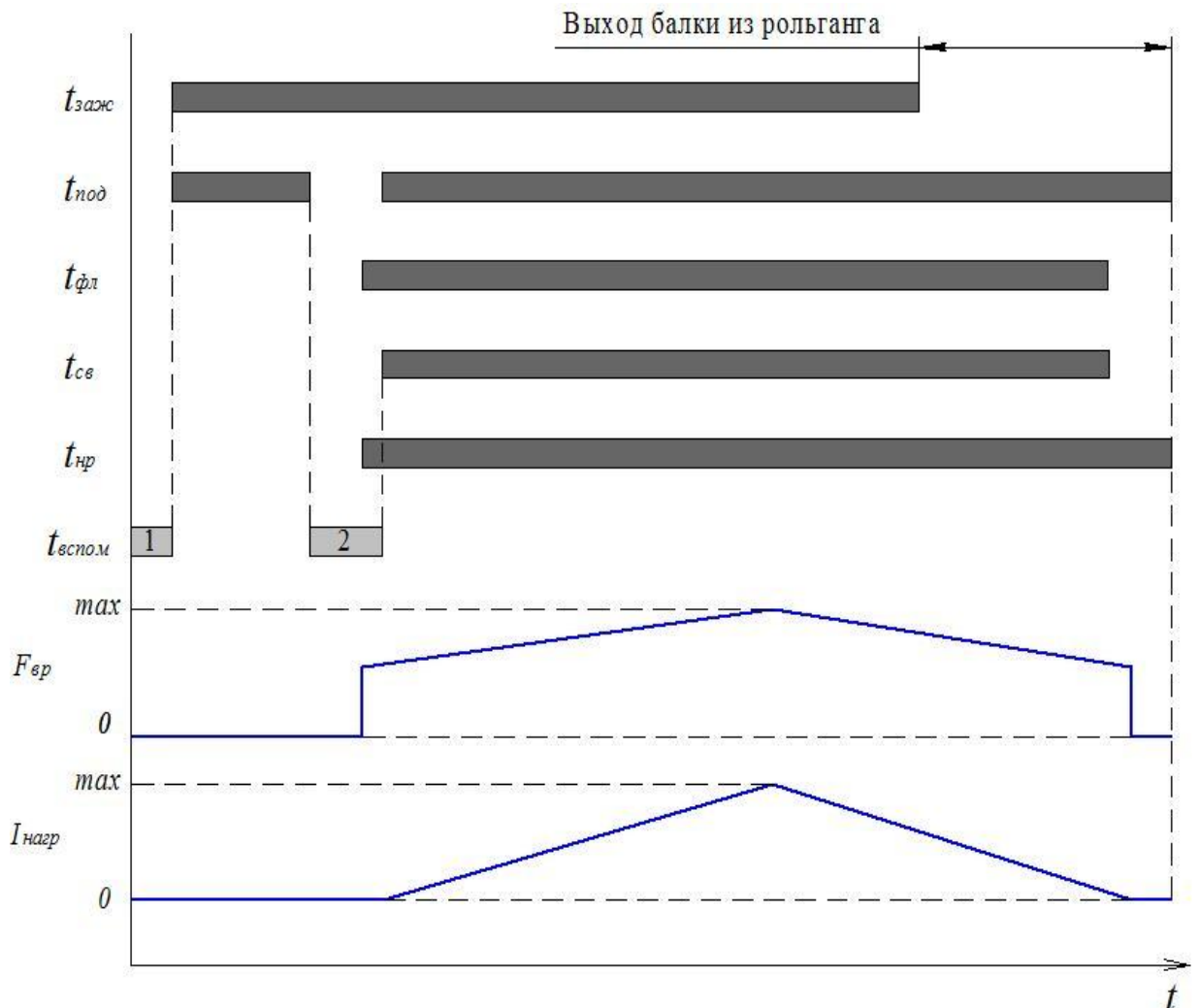


Рисунок 8 – Циклограмма процесса сварки и правки деформаций на установке Corimpex BWM-TC 1200x600

Условные обозначения на циклограмме:

$t_{зак}$  – время активации боковых прижимных роликов;

$t_{под}$  – время подачи (движения) балки;

$t_{фл}$  – время подачи флюса;

$t_{\text{св}}$  – время подачи сварочного тока (время сварки);

$t_{\text{нр}}$  – время активации нижних прижимных роликов;

$t_{\text{вспом}}$  – время вспомогательных операций:

1 – время на установку прихваток и выводных планок;

2 – время на насыпание флюса перед началом сварки и зажатие балки нижними прижимными роликами;

$F_{\text{вр}}$  – сила прижима верхнего прижимного ролика во время работы установки;

$I_{\text{нагр}}$  – ток индукционных нагревателей во время работы установки.

## **5 Требования к технологии сварки**

### **5.1 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.

К выполнению сварочных работ и прихваток допускаются сварщики не ниже 3-го разряда, аттестованные согласно 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.

### **5.2 Требования к применяемым способам сварки**

Автоматическую дуговую сварку под слоем флюса на специализированной линии по изготовлению тавровых балок CORIMPEX BWM-ТС 1200x600 допускается использовать для тавровых балок длиной от 1500 до 12000 мм, 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°. Возможность изготовления тавровых балок с катетом, превышающим 0,7 толщины, является предметом рассмотрения отделом главного сварщика для каждого отдельного случая. Автоматическую дуговую сварку под слоем флюса 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 ОГСв. 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.

### **5.3 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 ОГСв 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 №П1-01 И-0002 «О получении, хранении и выдачи сварочных материалов» [4]. 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.

### **5.4 Требования к производственным и климатическим условиям**

Сварка тавровых балок должна производиться в замкнутых помещениях при температуре воздуха, не ниже минимально допустимой температуры окружающей среды в случае сварки без предварительного подогрева, если это согласовано с РМРС при одобрении процесса на данный вид сварки.

Подогрев кромок деталей на ширине 100 мм в обе стороны от шва как минимум до 20°C должен производиться перед сваркой при температуре окружающего воздуха ниже -10 °С для деталей из полуспокойной стали. Подогрев следует осуществлять со стороны соединения, подлежащего сварке в первую очередь.

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

Детали, поступающие на сборку соединений для последующей сварки, должны быть загрунтованы, выправлены, замаркированы и приняты службой технического контроля и 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.

Кромки деталей должны быть обработаны в номинальный размер с учетом зазоров под сварку. Свободные кромки деталей должны быть скруглены на радиус не менее 2 мм. Внутренняя и наружная поверхность, а также кромки свариваемых деталей непосредственно перед сборкой должны быть зачищены от влаги, краски, масла, ржавчины, окалины и специальных покрытий до чистого металла. Ширину зачищаемой поверхности соединяемых деталей определить согласно рис. 9.

Допускается не выполнять зачистку кромок и поверхностей в случаях отсутствия на них загрязнения или когда на них нанесены грунты, одобренные РМРС как защитные грунты, позволяющие проводить сварку без их удаления.

При использовании линии изготовления тавровых балок ВМ-ТС 1200х600 зачистку полки необходимо выполнять как со стороны выполнения сварного шва, так и со стороны контакта с заземляющим валом.

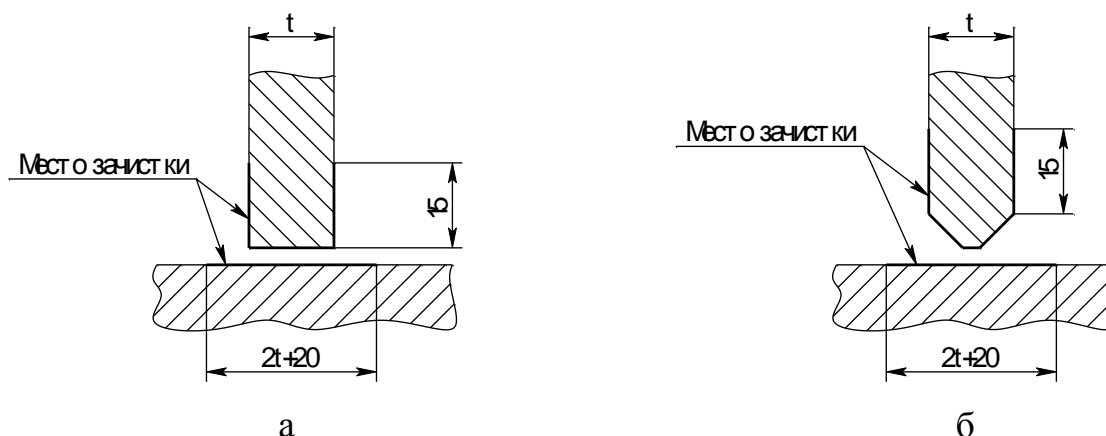


Рисунок 9 - Схема зачистки кромок стыкуемых деталей:

а - без скоса кромок; б - со скосом кромок;

Закрепление стенки относительно полки тавровой балки при использовании линии по изготовлению тавровых балок ВМ-ТС 1200х600 необходимо выполнять при помощи прихватки длиной в соответствии с табл. 5. Прихватки выполняются с центруемого конца тавровой балки.

Прихватки должны зачищаться от шлака, металлических брызг и проверяться внешним осмотром. Некачественно выполненные прихватки, а также прихватки с трещинами подлежат удалению. Для тавровых соединений с односторонним швом прихватки должны быть расположены со стороны, не подлежащей сварке.

Таблица 5 - Требования к выполнению прихваток

Параметры прихваток	Толщина свариваемых деталей или конструкций, мм			
	От 4 до 10	От 11 до 15	От 16 до 25	Более 25
Длина прихваток	От 15 до 20	От 20 до 30	От 30 до 40	От 40 до 50
Расстояние между прихватками	От 150 до 250	От 250 до 350	От 350 до 450	От 450 до 600
Высота прихваток при сварке тавровых соединений со скосом	от 0,5t до 0,7t, но не более 12			



кромки				
Катет прихваток при сварке тавровых и угловых соединений без скоса кромок	3	4	5	6

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, с оставлением «гребешков» 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 балки должны быть предъявлены ОТК на соответствие требованиям чертежей, на отсутствие недопустимых дефектов в прихватках и основном металле.

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

Данные по допустимым отклонениям представлены на основании требований ОСТ5.9324 [5], ОСТ5Р.9613-84 [6], ОСТ5.9079-80 [7] и ОСТ5Р.9091-2002 [8] и сведены в табл. 6.

Таблица 6 - Данные по допустимым отклонениям тавровых балок

№ п/п	Наименование контролируемых параметров	Допустимое отклонение, не более, мм	Приспособления и инструмент
1	Оснастка: горизонтальность стенда	0,001L, но не более 8,0 мм на всю длину (ширину)	Шланговый ватерпас
	плоскостность рабочей поверхности: для новых стендов	3,0 на 1 м, но не более 10,0 на длину(ширину)	Линейка, нитка, шланговый уровень
	для эксплуатируемых стендов	0,003В, но не более 20,0 на длину (ширину) стенда	Линейка, нитка, шланговый уровень
2	Габаритные размеры листовых деталей при длине (ширине): до 1,0 м	±1,0	Рулетка
	от 1,0 м до 4,0 м,	±2,0	
	свыше 4,0м	±2,5	
3	Разность диагоналей листовых деталей	±2	Метр, рулетка
4	Прямолинейность кромки детали при длине: до 3,0 м	0,5	Рулетка, нить, метр
	свыше 3,0 м	1,0	
5	Плоскостность листовых деталей при длине: до 0,5 м	1,0 на размер детали	Нитка, метр
	от 0,5 до 1,0 м	1,5 на размер детали	
	при толщине: от 3 до 6 мм	2,5 на 1 м, но не более 10 мм	
	от 6 до 14 мм	2,0 на 1 м, но не более 10 мм	

№ п/п	Наименование контролируемых параметров	Допустимое отклонение, не более, мм	Приспособления и инструмент
	свыше 14 мм	1,5 на 1 м, но не более 10 мм	
6	Отклонение тавровых узлов, профилей от прямолинейности или заданной кривизны: местные отклонения на длине 1,0 м	±2,0	Линейка, нитка, метр
	отклонение по всей длине в плоскости стенки или полки	±3,0	Проверочная плита, метр, нитка
	бортовые ветви шпангоутов	±4,0	
	стрингера	±6,0	
7	Несимметричность поясков таврового набора относительно стенок.	±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 $f_n$ .	2,0 на 1 м, но не более 8,0 на всю длину	Линейка, нить

### 5.7 Сварка тавровых балок и контроль качества сварных швов

Сварку тавровых балок необходимо выполнять в соответствии со спецификациями процесса сварки (СПС), разработанными на данный способ сварки. [9]

В СПС 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;

Начало и конец шва длиной 50 мм следует выводить на выводные планки размером 100x100 мм, устанавливаемые перед сваркой тавровой балки. Толщина выводных планок должна быть равна толщине свариваемых деталей соединения. Допускается применение планок меньшей толщины для соединений толщиной более 20мм выполняемых двусторонним швом.

Для обеспечения непрерывного прижима стенки верхним роликом установки CORIMPEX BWM-TC 1200x600 при сварке балок, стенки которых имеют вырезы для прохода перекрестного набора, поверх стенки устанавливают ребро (полосу) из металла толщиной, равной толщине стенки и высотой не менее 100 мм. Фиксацию полосы к стенке выполнять прихватками или с использованием направляющих согласно рис. 10.

Сварку всех блоков следует выполнять одновременно по всей длине балки без перерывов в работе до заполнения разделки или полного сечения шва. Наложение валиков в пределах одного блока следует производить «напроход». Допускается прерывать сварку после заполнения не менее двух третей сечения свариваемых деталей.

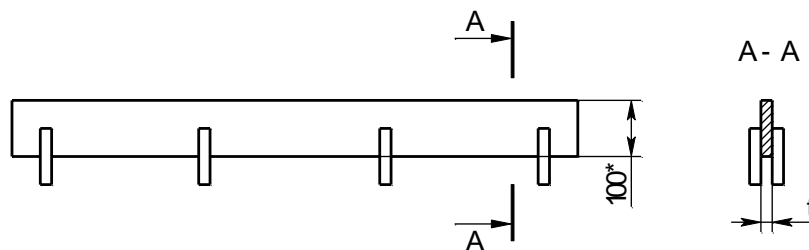


Рисунок 10 - Вспомогательное ребро для прижимного ролика установки CORIMPEX BWM-TC 1200x600

\* размер для справок; t – толщина стенки тавровой балки

Допускается сварка корневых проходов двустороннего шва на круглых керамических подкладках без последующей расчистки корня шва.

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.

## **6 Социальная ответственность**

### **Введение**

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии автоматической дуговой сварки под слоем флюса на автоматической поточной линии, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию 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.

#### **6.1 Анализ имеющихся вредных и опасных факторов**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изучении процесса дуговой сварки под слоем флюса. Перечень вредных и опасных факторов, воздействующих на сварщика (оператора поточной сварочной линии) приведен в таблице 7.

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.

Таблица 7 – 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.

### 6.1.1 Категория тяжести труда

Разделение работ по категориям тяжести труда, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, приводится в таблице 8.

Таблица 8 – 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

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<sub>б</sub>).

## **6.1.2 Вредные факторы**

### **6.1.2.1 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.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 в соответствии с легкой (I<sub>б</sub>) категорией работ. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для проведения производственных (в т.ч. сварочных) работ приведены в таблицах 9.1 – 9.2.



Микроклимат производственного помещения на рассматриваемом предприятии поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, принудительной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

Таблица 9.1 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, % относ.	Скорость движения воздуха, м/с
19-22	40-60	0,2

Таблица 9.2 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, % относ.	Скорость движения воздуха, м/с
15-28	20-80	0,5

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

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик системы питания для сварки в динамическом режиме изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через

каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – источник питания для сварки, процесс сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 80 дБА (ГОСТ 12.1.003-2014).

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведения акустической обработки помещения;
- 3) Создания дополнительных перегородок из ДВП, ДСП или других звукоизоляционных материалов;
- 4) Проведения профилактических работ.
- 5) Применения средств индивидуальной защиты органов слуха – противозумных наушников, ушных вкладышей (берушей).

### **6.1.2.3 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.

В соответствии со СНиП 23-05-95 (табл. 9) освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещённости по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна

контролироваться не реже одного раза в год. Фактическая освещённость в цехе должна быть больше или равна нормируемой освещенности. Требования, приведенные в таблице 9, соответствуют условиям труда оператора сварочной поточной линии.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся:

- равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней;
- ограничение прямой и отраженной блескости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

Таблица 10 – Требования к освещенности помещения

Характеристика зрительной работы				Средней точности
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм				Св. 0,5 до 1,0
Разряд зрительной работы				IV
Подразряд зрительной работы				б
Контраст объекта с фоном				Малый, средний,
Характеристика фона				Средний, темный
Искусственное освещение	Освещенность, лк	при системе комбинированного освещения	всего	500
			в т.ч. от общего	200
		при системе общего освещения		200
	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности (Р) и коэффициента пульсации (К <sub>п</sub> )		Р	40
		К <sub>п</sub> , %	20	
Естественное освещение	Коэффициент естественного освещения (e <sub>н</sub> ), %	при верхнем или комбинированном освещении	4	
		при боковом освещении	1,5	
Совмещенное освещение		при верхнем или комбинированном освещении	2,4	
		при боковом освещении	0,9	

Для обеспечения рационального освещения, отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам, в цехе предусмотрены остекленные окна в стенах и крыше цеха (фонари) для достаточного проникновения солнечного

света в светлое время суток, а также система светильников дневного света, обеспечивающих достаточную освещенность в темное время суток.

#### 6.1.3.4 Расчет искусственного освещения

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 70$  м, ширина  $B = 30$  м, высота = 10 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1$  м. Согласно СНиП 23-05-95 (таблица 9) необходимо создать освещенность не ниже 200 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы – средней точности.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 70 \cdot 30 = 2100 \text{ м}^2$$

где  $A = 70$  м – длина помещения;

$B = 30$  м – ширина помещения.

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $r_C = 50\%$ , свежепобеленного потолка  $r_{П} = 70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z = 1,1$ .

Выбираем лампу тепло-белого света ЛТБ 125 Вт, световой поток которой равен 8150 Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-125. Эти светильники имеют две лампы мощностью 125 Вт каждая, длина светильника равна 1528 мм, ширина – 266 мм.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, м:

$H = 10$  м - 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 светильника над рабочей поверхностью.

$L$  – расстояние между соседними светильниками рядами.

$l$  – расстояние от крайних светильников до стены.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД:  $h_n = 3,5$  м. Расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 2$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_c - h_p = 10 - 2 - 1 = 7 \text{ м};$$

Расстояние между соседними светильниками ( $L_a$ ) или рядами ( $L_b$ ) определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 7 = 7,7 \text{ м.}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{30}{7,7} = 3,89 \sim 4;$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{70}{7,7} = 9,09 \sim 9;$$

Общее число светильников:

$$N = N_a \cdot N_b = 4 \cdot 9 = 36;$$

Расстояния от крайних светильников или рядов до стены, необходимые для равномерного освещения, равны  $L_a/3$  и  $L_b/3$  соответственно и определяются из системы уравнений:

$$A = 2 \cdot L_a/3 + N_a \cdot a_{\text{свет}} + L \cdot (N_a - 1);$$

$$B = 2 \cdot L_b/3 + N_b \cdot b_{\text{свет}} + L \cdot (N_b - 1),$$

где  $a_{\text{свет}}$ ,  $b_{\text{свет}}$  – длина и ширина каждого светильника.

Подставив ранее найденные значения, получим:

$$70000 = 2 \cdot L_a/3 + 9 \cdot 1528 + 7,7 \cdot 8;$$

$$30000 = 2 \cdot L_b/3 + 4 \cdot 266 + 7,7 \cdot 3,$$

откуда  $L_a/3 = 2165$  мм;  $L_b/3 = 2635$  мм.

На рисунке 11 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

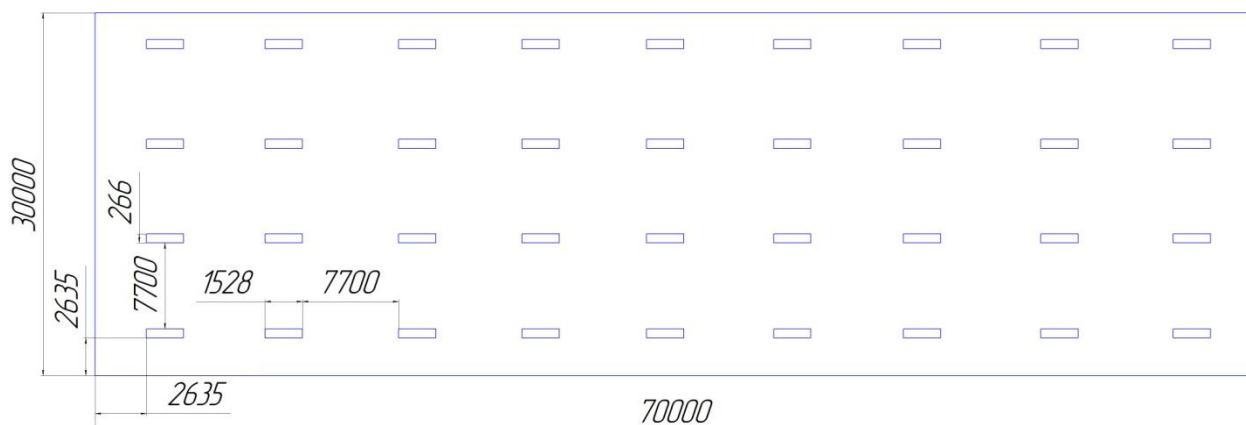


Рисунок 11 – План помещения и размещения светильников

#### 6.1.3.4. Проверка правильности выбора светильников

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{2100}{10(30+70)} = 2,1.$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $r_{\text{П}} = 70\%$ ,  $r_{\text{С}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 2,1$  равен  $\eta = 57\% = 0,57$ .

Потребный световой поток группы светильников с двойными люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k_z \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 2100 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 36 \cdot 0,57} = 16886 \text{ лм};$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{16250 - 16886}{16250} \cdot 100\% = -3,9\%$$

Неравенство  $-10\% \leq -3,9\% \leq 20\%$  верно, тип светильника и световой поток лампы подобраны правильно.

#### **6.1.2.4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны**

Одним из широко распространенных вредных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работников, является производственная пыль. Это мельчайшие частицы твердых веществ, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Воздушная среда производственных помещений, в которой содержатся вредные вещества в виде пыли и газов, оказывает непосредственное влияние на здоровье работников и условия труда.

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

В таблице 11 представлены классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей и их предельно допустимая концентрация согласно ГОСТ 12.1.005-88 (прил. 2).

Таблица 11 – Классы опасностей вредных веществ, выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Состояние	Действие на организм человека
Марганец	0,05	1	аэрозоли	Утомляемость, сонливость, ухудшение памяти
Хром	0,1	1	аэрозоли	Повышение риска образования рака, заболевания астмой

Фтористые соединения	0,5	2	аэрозоли	Раздражение глаз, кожи, бронхов, воздействие на печень и щитовидную железу
Окись углерода	20	4	пары или газы	Головные боли, одышка, аритмия, слабость

Для защиты и удаления вредных газов и пыли с мест сварки и подачи чистого воздуха используют вентиляцию. Общая вентиляция бывает приточной и вытяжной. Свежий воздух обычно подают в цех через общецеховую вентиляционную установку, а загрязненный воздух удаляют из цеха общецеховой вентиляцией, а также локальными устройствами.

На рабочих местах в зоне сварки нужно устанавливать аппаратуру с отсасывающим поворотным рукавом. Сварочные участки, сообщающиеся проемами со смежными помещениями, где не проводится сварка, должны иметь вытяжную вентиляцию. В цехе, возле сварочной установки, должны быть установлены местные отсосы воздуха. В специальных помещениях, где находятся бункеры для хранения флюса, должны быть также предусмотрены местные отсосы для удаления взвешенных в воздухе частиц флюса, а также естественная вентиляция через верхние и нижние части помещений.

#### **6.1.2.5 Повышенная яркость света, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение**

Сварка открытой и полужакрытой дугой сопровождается мощной лучистой и тепловой энергией. Тепловая энергия способна вызвать поражение глаз и ожоги незащищенных частей тела. Яркость электрической дуги превышает  $4 \cdot 10^6$  кд/м<sup>2</sup>. Нормальное зрение человека способно воспринимать безболезненно яркость не более 500 кд/м<sup>2</sup>.

Вредное воздействие оказывает не только видимые световые лучи, но и невидимые лучи. Они вызывают воспаление слизистой оболочки глаза, если действуют в течении 10-30 с на расстоянии до 1 м от источника излучения, а более 30 с – до 5 м. Результат действия – резкая боль в глазах, светобоязнь,



электроофтальмия. На незащищенных частях тела ультрафиолетовое и инфракрасное излучение вызывает покраснение и ожоги различной степени, в зависимости от расстояния до источника излучения.

Для защиты лица сварщика во время выполнения сварочных операций закрывается щитком, в смотровое отверстие которого вставлен светофильтр по ОСТ 21-6-87.

При работе вне кабины для защиты зрения окружающих должны применяться переносные щиты и ширмы.

Защитные стекла, вставленные в щитки и маски, снаружи покрывают простым стеклом для предохранения их от брызг расплавленного металла.

Щитки изготавливают из изоляционного материала - фибры, фанеры и по форме и размерам они должны полностью защищать лицо и голову сварщика (ГОСТ 12.4.035-78).

Для ослабления резкого контраста между яркостью дуги и малой яркостью темных стен (кабины) последние должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой, желтый) с добавлением в краску окиси цинка с целью уменьшения отражения ультрафиолетовых лучей дуги, падающих на стены.

Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия теплового излучения.

### **6.1.3 Опасные факторы**

#### **6.1.3.1 Электрический ток**

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ-7), все производственные помещения по опасности поражения электрическим током разделяются на три категории:

1. Без повышенной опасности.
2. С повышенной опасностью. К факторам, повышающим опасность поражения электрическим током, относятся:

- а) повышенная влажность воздуха ( $\varphi \geq 75 \%$ );

- б) повышенная температура воздуха ( $t \geq 35 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- в) возможность одновременного касания электрооборудования и предметов, имеющих связь с землей;
- г) электропроводная пыль (среда).

### 3. Особо опасные:

- а) влажность воздуха  $\varphi = 100 \%$  при открытых электроустановках;
- б) разрушающая изоляцию среда;
- в) одновременно два или более признака из категории 2.

Рассматриваемое производственное помещение относится ко второй категории (повышенной опасности), ввиду влажности воздуха более 75% из-за расположения цеха непосредственно возле моря. Сварочная установка работает под напряжением 380 вольт трехфазного переменного тока. В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» она должна быть заземлена.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные (сосредоточенные) и контурные. Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по форм электродов заземлители делятся на:

- углубленные, состоящие из полос или круглой стали, укладываемых глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов;

- вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на 0,5 - 0,7 м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложенные стержни диаметром 10 - 16 мм, (или

отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной 3-5 м, а также уголковая сталь длиной 2,5 - 3 м;

- горизонтальные (протяженные), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм<sup>2</sup>.

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм<sup>2</sup>.

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4 мм потребителя 250-300 А диаметр болта 10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали машин, оборудования.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, понижение напряжения, индивидуальные электротехнические средства.

Изолирующие средства индивидуальной защиты разделяются на:

1. Основные. Они могут выдержать долговременное воздействие напряжения, поэтому их целесообразно применять при производстве электромонтажных работ без обесточивания устройств от сети. Средства индивидуальной защиты, относящиеся к основным, включают в себя:

- указатели напряжения;
- изолирующие штанги;
- изолированный инструмент;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- переносные заземления;
- изолирующие устройства;

2. Дополнительные. Такая защита не способна полностью обеспечить защиту человека от воздействия электрического тока, в связи с чем такие средства используются совместно с основными. К таким средствам защиты относятся:

- диэлектрические сапоги или галоши;
- изолирующие накладки и подставки;
- коврики диэлектрические;
- диэлектрические колпаки;
- сигнализаторы напряжения.

К работам на сварочной установке допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. Также электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно

каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током. Все оборудование должно быть изготовлено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Сварочная установка работает под напряжением 380 В трехфазного тока (относится к группе электроустановок до 1000 В) и имеет глухозаземленную нейтраль. В соответствии с ТКП 181-2009 для установок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, с учетом того, что заземляющее устройство является искусственным заземлителем, расположенным в непосредственной близости от нейтрали трансформатора, при трехфазном токе напряжением 380 В, нормируемое сопротивление заземления составляет 30 Ом. Групповой заземлитель предполагается изготовить со стержневыми (вертикальными) электродами в форме стальных уголков. Минимальные размеры стальных заземлителей из угловой стали, при их расположении в земле, составляют 4 мм. Наименьшее сечение медных заземляющих проводников для данной установки, при прокладке жил заземляющих кабелей в общей защитной оболочке со средними жилами, составляет 1 мм. Безопасные номиналы тока составляют 0,1 А, напряжения -12...36 В, заземления – 4 Ом.

### **6.1.3.2 Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В производственном помещении обязательно должен быть план эвакуации людей при пожаре, регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники. План эвакуации при пожаре представлен на рис. 12.

В целях пожарной безопасности помещение оборудовано рубильниками для полного обесточивания помещения, а также применением специальных защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели), что также дополняет меры по электробезопасности. Осуществляется

дистанционный контроль количества кислорода в окружающем воздухе с помощью автоматических или ручных приборов. Согласно нормам, в воздухе должно присутствовать не меньше 20% кислорода.

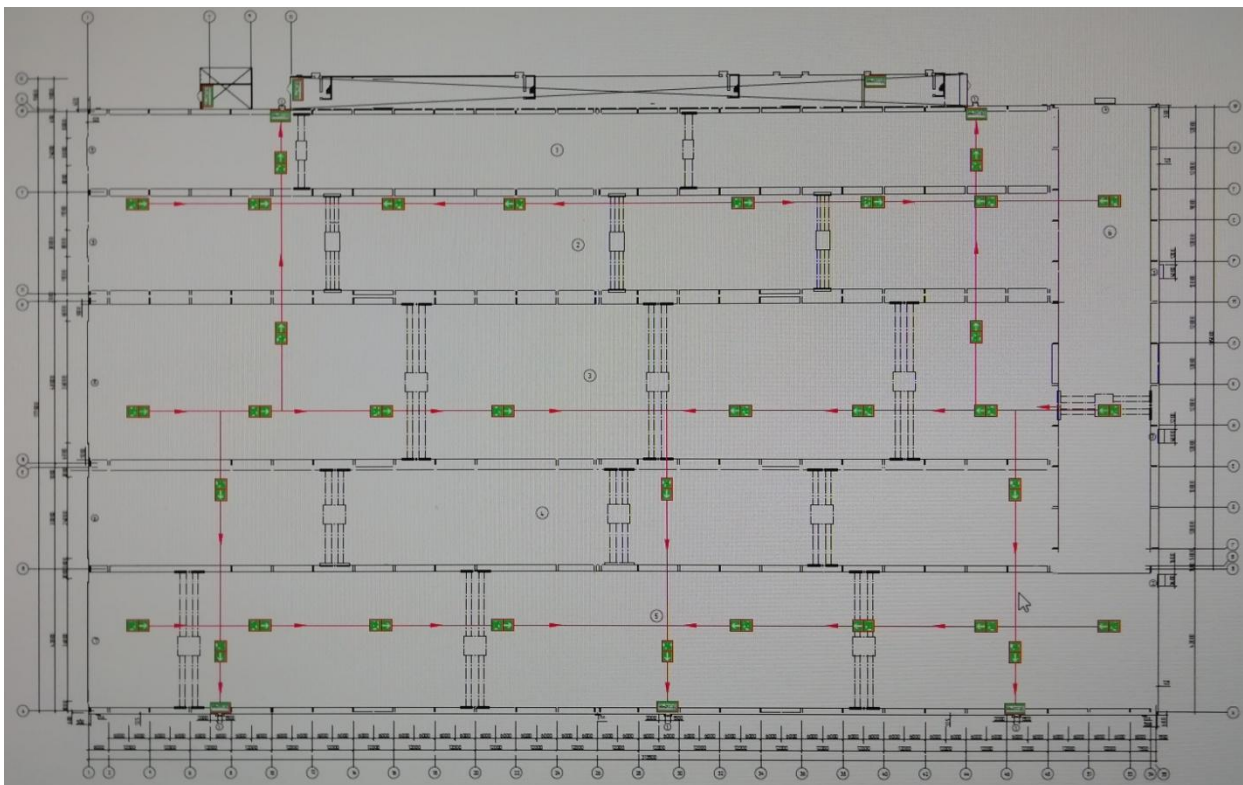


Рисунок 12 – Схема эвакуации из производственного цеха

В качестве средств оповещения при пожаре в цехе установлена система экстренного оповещения с центральным диспетчерским пультом и звуковым извещателем. Она получает сигнал о пожаре от установленных в помещении специальных фототепловизионных датчиков, реагирующих на пламя по выделяемому им теплу и свечению. Также сигнал о пожаре может быть подан с кнопок экстренного пожарного оповещения, установленных по всему цеху. При срабатывании системы экстренного оповещения в цехе автоматически включается звуковой извещатель (сирена), аварийная система освещения и подсветка путей эвакуации и знаков аварийных выходов.

К средствам тушения пожара в помещении относятся автоматическая порошковая система пожаротушения, пожарные краны, порошковые и углекислотные огнетушители.

Огнетушители порошковые (ОП) предназначены для борьбы с пожарами категорий:

- А — горение твердых веществ;
- В — горение жидких веществ;
- С — горение газообразных веществ;
- Е — горение электроустановок.

Углекислотные огнетушители (ОУ) предназначены для тушения пожаров категории В, С, Е, в тех случаях, когда в процессе горения участвует кислород. Для категории А (горение твердых веществ) применение ОУ возможно только тогда, когда материалы не способны к тлению изнутри.

Пожары категории D — горение металлов — тушить порошковыми и углекислотными огнетушителями нельзя.

В качестве огнетушителей на предприятии используются порошковые огнетушители ОП-80, ОП-4, а также углекислотные огнетушители ОУ-15, ОУ-5.

Автоматическая порошковая система пожаротушения состоит из системы трубопроводов, проложенных преимущественно под крышей производственного помещения, распылителей активного вещества, резервуаров для хранения порошка, резервуаров с газом-вытеснителем, инициирующим подачу вещества по трубопроводам к очагам горения, а также систему датчиков и управляющих клапанов. Данная система может срабатывать автоматически при поступлении сигнала от пожарных датчиков, или по команде диспетчера.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения, проверить отключение всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.

3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01», сотовый «010» пожарную службу.

4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Неправильная изоляция данных проводов или отсутствие заземления может привести к возникновению возгораний.

## **6.2 Экологичность разрабатываемой темы**

Процесс автоматической сварки под слоем флюса практически не образует загрязняющих окружающей среду веществ. Однако в процессе подготовки деталей под сварку их обрабатывают резанием, что влечет за собой образования значительного количества металлических отходов – стружки, металлической пыли, обрезков металла. Используемый при сварке металл относится к черным металлам (углеродистая сталь, легированная сталь, нержавеющая сталь). По классификации ГОСТ 2787-85 при сварочном производстве на данном предприятии образуются следующие классификации черного металлолома:

**1А** – кусковой металл, предусматривающий переработку в плавильнях. Нежелательно: проволока. Подразумевает лом больших габаритов.

**2А** – лом небольшими кусками. Максимальные габариты куска 65x25x25 см.

**2Б** – лом легированных сталей небольшими кусками. Максимальные габариты 65x25x25. Включает возможность приема кусков больших размеров, но предусматривает предварительную их обработку (обрезку).



**3А** – исключительно стальной лом. Максимальные размеры 1,6х0,5х0,6 м. Масса куска должна находиться в диапазоне от 1 до 600 кг. Также к этой категории относятся трубы диаметром не более 150 мм со стенкой от 4 мм. Трубы необходимо разрезать вдоль и сплющить.

**3АБ** – стальной лом и легированный. Те же требования, что и для категории 3А, за исключением труб. Здесь диаметр не должен превышать 150 мм и иметь минимальную толщину стенки 10 мм. Нежелательно: оси грузовых автомобилей, полые валы механизмов.

**4Б** – мелкий лом легированных сталей. Включает в себя куски металла весом до 0,3 кг.

**5А, 5Б** – соответственно стальной и легированный лом. Негабаритные куски массой до 5 кг. Включает в себя стальной скрап.

**6А** – стальная сливная стружка. Собрана в брикеты массой до 1 т.

**6Б** – отходы легированных сталей в виде сливной стружки. Собрана в брикеты массой до 1 т.

**7А, 7Б** – стальная и легированная суставчатая стружка. Масса брикетов не более 1 т.

**8А** – мелкие производственные отходы. Включает в себя стальную крошку. Сортируется в пакеты массой до 10 кг. Габариты не более 50х50х50 см.

**9А** – те же требования, что и для категории 8А. Масса пакетов не должна превышать 50 кг. Размер не более 5х5х5 м.

**10А** – стальные отходы производства в любом виде. Фасуется в пакеты. Минимальный вес 40 кг.

**14А, 14Б** – стальная и легированная стружка надлома. Исключается присутствие кусковых элементов металла.

**15А, 15Б** – стальная и легированная сливная стружка, собранная в пакеты. Максимальный вес не более 50 кг.

**16А, 16Б** – марка лома черных металлов, имеющая форму вьюнообразной стружки. Подразумевается последующая переплавка в печах. Нет ограничения по весу.

Вторичный металл — важное сырьё для металлургии, которое обходится в 1,4 раза дешевле переработки горных металлосодержащих пород, позволяет сэкономить природные, трудовые и производственные ресурсы, снижает нагрузку на экологию. Его сортировка — важная составляющая часть переработки перед поступлением в доменную печь.

### **6.3 Обеспечение устойчивой работы предприятия в чрезвычайных ситуациях**

#### **6.3.1 Обеспечение работы предприятия в ЧС природного характера**

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 размывание 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.

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.

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

### **6.3.2 Обеспечение работы предприятия в ЧС антропогенного характера**

Особую угрозу для устойчивой работы предприятия, а также для сохранности корпоративной информации и для неразглашения сведений, относящихся к секретным представляет проникновение на территорию предприятия посторонних лиц, заинтересованных в нанесении ущерба его деятельности.

Для предотвращения кражи информации, имущества предприятия, актов вандализма, диверсий и прочих подобных действий на предприятии существуют особый пропускной режим, охрана контрольно-пропускных пунктов, патрулирование территории, а также закрытая локальная информационная сеть и система видеонаблюдения.

Перед трудоустройством и допуском работника на территорию предприятия о нем собирается информация по базам данных. Доступ работников на предприятие осуществляется по именованным электронным пропускам, с фиксацией времени входа и выхода с предприятия. При входе и выходе сотрудники охраны осуществляют досмотр личных вещей работников. Выдачу пропусков осуществляет бюро пропусков. Охрану обеспечивает частное охранное предприятие, с которым заключен долгосрочный контракт. Бюро пропусков также контролирует ввоз и вывоз материальных ценностей на автомобильном транспорте.

Для защиты информации, хранящейся на серверах предприятия, доступ к локальной сети предприятия ограничен и возможен только с компьютеров предприятия по комбинации «логин-пароль», выдаваемых работникам, которым разрешен доступ. Уровень доступа к информационным ресурсам предприятия для каждого работника ограничен сферой его деятельности. Перемещения данных между компьютерами, отсылка данных по электронной почте на сторонние адреса, фиксируется отделом информационной безопасности. Он также осуществляет контроль за учетными записями пользователей.

За нарушение пропускного режима предусмотрена ответственность и применение мер взыскания, вплоть до увольнения из организации.

#### **6.4 Перечень нормативной документации**

1. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
2. ГОСТ 12.1.003–2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (переиздание)»
3. ГОСТ 12.1.029-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация»

4. ГОСТ 12.1.012–90 «Система стандартов безопасности труда. (ССБТ) Вибрационная безопасность. Общие требования»
5. ГОСТ 12.1.045–84 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
7. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы»
9. СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»
10. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»
11. СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»
12. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
13. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
14. ГОСТ 12.1.035–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений»
15. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности»
16. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
17. ОСТ 21-6-87 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Светофильтры стеклянные для защиты глаз от вредных излучений на производстве»

18. ГОСТ 12.4.035-78 «Щитки и маски для защиты электросварщика. Основные параметры и технологические требования»
19. N123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
20. ПУЭ-7 «Правила устройства электроустановок. Седьмое издание»
21. ГОСТ 12.1.019–79 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
22. ГОСТ 2787-85 «Металлы черные вторичные. Общие технические условия»
23. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014 N1101н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ»
24. Федеральный закон N184-ФЗ «О техническом регулировании»
25. Ст. 184 ТК РФ «Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и непрофессиональном заболевании»
26. Ст. 92 ТК РФ «Сокращенная продолжительность рабочего времени

## **7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Объектом исследования в данной работе является разработка технологии автоматической сварки под слоем флюса тавровых балок, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы разработать технологию автоматической сварки под слоем флюса тавровых балок с возможностью правки остаточных деформаций балок непосредственно в процессе сварки.

Целью данного раздела является сравнение предлагаемой технологии с технологиями, которые уже существуют и являются основными в этой сфере.

### **7.1 Предпроектный анализ**

#### **7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В целевой рынок входят организации отраслей энергетики, добычи и транспортировки полезных ископаемых, а также коммунальное хозяйство, т.е. отрасли в которых наблюдается широкое применение трубопроводов.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является производство и ремонт. Сегментируем оборудование и технологию ручной дуговой сварки, а именно уменьшение разбрызгивания электродного металла по критерию строительство и ремонт. В данном направлении существуют три конкурирующие техники:

1) Автоматическая сварка под слоем флюса с использованием сварочного трактора ESAB Multitrac A2;

2) Автоматическая сварка под слоем флюса с использованием сварочной каретки Fubag SW 1000/1250;

3) Автоматическая дуговая сварка порошковой проволокой в среде углекислого газа с использованием сварочного трактора Kemppi Magtrac F61.

Основными сегментами данного рынка являются судостроение, промышленное и гражданское строительство на территории Российской Федерации, на них и будет направлена ориентация разработки.

На рисунке 18 показана гистограмма анализа рынка покупателей по регионам Российской Федерации (РФ).

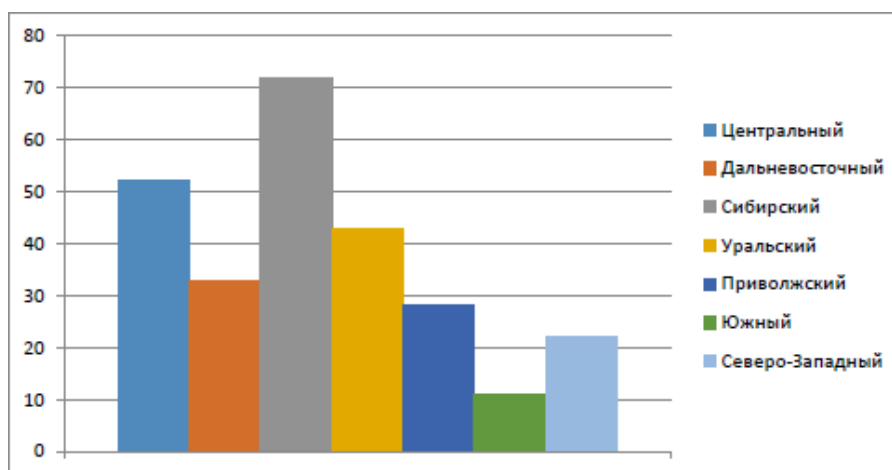


Рисунок 18 – Гистограмма анализа рынка покупателей по регионам Российской Федерации

На данной гистограмме показано количество потенциальных покупателей строительных компаний в разных регионах РФ. Как видно из гистограммы наиболее перспективными рынками сбыта являются сибирский, центральный и уральский регионы РФ.

### **7.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

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 соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [15].

В ходе исследования проанализированы конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности России и



стран зарубежья в области уменьшения деформаций при сварке балки. Широкое применение нашел способ правки деформаций путем локального нагрева изделия. Однако на сегодняшний день применяют разные техники для осуществления данного метода правки.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (таблица 1). Используемые техники уменьшения деформации изделия:

- 1) А – правка с нагревом индукционным нагревателем;
- 2) В – правка с нагревом газовой горелкой;
- 3) С – правка с нагревом электрической дугой.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 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 [15].

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) [15]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		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 пользователя	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,12
3. Уровень качества сварных соединений	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
4. Энергоэкономичность	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
5. Надежность	0,06	5	1	3	0,3	0,06	0,18
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 (предоставляемые возможности)	0,08	5	1	2	0,4	0,08	0,16
9. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	2	3	0,25	0,2	0,15
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	5	1	2	0,4	0,08	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	1	2	0,3	0,06	0,12

2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	2	3	0,1	0,25	0,2
3. Цена	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
5. Срок окупаемости	0,05	5	2	3	0,25	0,1	0,15
6. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	75	44	56	4,75	2,9	3,32

Исходя из проведенного выше анализа (таблица 1) 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 за счет более быстрого и концентрированного нагрева, уменьшается время, необходимое на прогрев изделия и его правку. Также стоит отметить наличие широкого диапазона возможностей при использовании данной технологии, а именно возможности использования балки любой высоты и геометрии стенки, что не могут обеспечить аналоги.

## 7.2 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.

1. 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 научно–исследовательского 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:

- уменьшение затрат энергии на нагрев – С1;
- возможность применения к любым видам автоматической сварки – С2;
- максимальная эффективность правки деформаций – С3;
- уменьшение внутренних напряжений в металле при нагреве – С4;
- возможность использования технологии и оборудования для сварки разнородных металлов – С5.

К слабым сторонам проекта относятся:

- использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1;
- требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.

К возможностям проекта относятся:

- внедрение схемы правки остаточных деформаций на основе индукционного нагрева детали и вытеснение устаревших разработок – В1;
- финансовая поддержка спонсора – В2;
- возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.

К угрозам относятся:

- недостаток финансов на реализацию проекта – У1;
- отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

2. Второй этап. Данный этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны

помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны						
Возможности		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	0	+	+	+
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	+	-	+	+
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	+	+
	У2	+	-	+	-	-
	У3	-	-	+	-	+
Слабые стороны						
Возможности		Сл.1		Сл.2		
	B1	+		-		
	B2	+		-		
	B3	+		+		
Угрозы		Сл.1		Сл.2		
	У1	-		+		
	У2	-		-		
	У3	+		-		

Анализ интерактивной матрицы показал следующие направления проекта: В1С3С5, В2В3С4С5, В1В2Сл.1Сл.2, У1С3, У2С1С3, У3С3, У3Сл.1Сл.2.

Третий этап

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

Таблица 5 – SWOT – анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
	<p>Уменьшение затрат энергии на нагрев – С1. Возможность применения к любым видам автоматической сварки – С2.</p> <p>Максимальная эффективность правки деформаций – С3.</p> <p>Уменьшение внутренних напряжений в металле при нагреве – С4. Возможность использования технологии и оборудования для сварки разнородных металлов – С5.</p>	<p>Использование дополнительного электронного оборудования – Сл.1. Требуется незначительное повышение мощности источника питания – Сл.2.</p>
<b>Возможности:</b>		
<p>Внедрение схемы уменьшающей разбрызгивание на основе тиристора на рынок за счет достоинств и вытеснение устаревших разработок – В1.</p> <p>Финансовая поддержка спонсора – В2. Возможность распространения разработки для стран зарубежья – В3.</p>	<p>В1С3С5 – возможность использования технологий для сварки других материалов невзирая на толщину, В2В3С4С5 – некоторые виды сплавов вообще не рекомендуется править после сварки.</p>	<p>В1В2Сл.1Сл.2 – с повышением цен на комплектующие резко возрастет первоначальный вклад в массовое производство.</p>
<b>Угрозы:</b>		
<p>Недостаток финансов на</p>	<p>У1С3 – некоторые компании не захотят рисковать, применяя новые технологии,</p>	<p>У1Сл.2; У3Сл.1Сл.2 – увеличение мощности нагрева потребует</p>

реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.	У2С1С3 – большие затраты энергии, потребует проработки новых тех. карты.	повышения мощности источника, а у многих они и так работают на пределах своих возможностей.
--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

### 7.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице 4, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает непроработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать [15].

Таблица 6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	0	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3



8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ		43	55

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

#### **7.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно–технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких–либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания [15].

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной диссертации выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых

технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это судостроительные верфи и строительные компании в России и странах зарубежья.

### 7.5 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi}$$

где  $m$  - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  - количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);  $C_i$  - цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.);  $k_T$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы [12]. Размер материальных затрат научно-технического исследования приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	3	29800	89400
Итого			89400

### 7.5.1 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и студенту, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада [12].

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = Z_m \cdot M / F_d$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: выходные и праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени: отпуск	50	93
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	154

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{тс}$ );  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	К.т.н.	25600	0,3	0,5	1,3	59904	3115	20	63000
Студент	–	3000	0,3	0,5	1,3	7020	475	77	36575
Итого $Z_{осн}$									99575

### 7.5.2 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций [12].

Расчет производится по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).  $Z_{доп}$  (руководитель) = 8820 руб.,  $Z_{доп}$  (студент) = 5120 руб.

Итого по статье «Дополнительная заработная плата» – 13940 руб.

### 7.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходом отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [11].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

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

На 2016г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого
Научный руководитель	63000	8820	30,2%=0,302	21690
Студент	36575	5120		12591
Итого				34281

## 7.5.4 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1...7) \cdot k_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 36444 \text{ руб.}$$

### 5.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 11.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.
Материальные затраты	79980
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	99575
Затраты по дополнительной	13940

заработной плате исполнителей темы	
Отчисления во внебюджетные фонды	34281
Накладные расходы	36444
Итого:	264220

Вывод: для достижения главной цели раздела решались такие важные задачи, как:

- анализ конкурентных технических решений, на основании которого можно сделать вывод, что предложенная в ходе исследований технология сварки и правки остаточных деформаций составляет серьезную конкуренцию другим способам сварки. Главными преимуществами данного способа сварки является сведение к минимуму остаточных деформаций изделия.

- SWOT анализ, на основании которого выявлены сильные и слабые стороны проекта.

- расчет бюджета научно-технического исследования. Итоговая сумма бюджета составляет 264220 рублей.



## **Заключение**

В ходе выполнения диссертации были рассмотрены наиболее популярные способы автоматической сварки тавровых балок, приведен их сравнительный анализ. Рассмотрена проблематика остаточных деформаций балок после сварки и методы их правки. Проведен обзор установки автоматической сварки балок под слоем флюса Corimpex BWM-TC 1200x600 и дополнительной оснастки для правки остаточных деформаций непосредственно в процессе сварки. Предложена технология сварки тавровых балок на данной установке с возможностью правки остаточных деформаций непосредственно в процессе сварки.

Результатом работы являются циклограмма сварочного процесса, представленная на рисунке 8, а также маршрутно-операционная карта сварочного процесса, представленная в приложении I. Циклограмма и маршрутно-операционная карта описывают схему работы сварочной установки и оснастки для правки остаточных деформаций, устанавливают порядок работы с установкой.

На основании полученных данных можно сказать, что сварка на установке автоматической сварки балок под слоем флюса Corimpex BWM-TC 1200x600 с правкой остаточных деформаций непосредственно в процессе сварки. Данная технология позволяет снизить остаточные деформации балки вплоть до нуля или допустимого значения и позволяет отказаться от дополнительных операций по механической правке остаточных деформаций, что значительно увеличивает производительность и уменьшает себестоимость изготовления тавровых балок.

## Список использованных источников

- 1 Сварка строительных металлических конструкций / В.М.Рыбаков, Ю.В. Ширшов, Д.М.Чернавский (и др.). – М.: Стройиздат, 1993. – 267 с.
- 2 Оботуров, В.И. Сварочные работы в строительстве/ В.И. Оботуров. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 224 с.
- 3 Сварка и резка в промышленном строительстве/ под ред. проф. Б.Д. Малышева. – М.: Стройиздат, 1980. – 784 с.
- 4 П1-01 И-0002 О получении, хранении и выдачи сварочных материалов
- 5 ОСТ5.9324-89 «Комплексная система контроля качества. Корпуса металлических судов. Точность изготовления узлов и секций. Технические требования»
- 6 ОСТ5Р.9613-84 Корпуса металлические надводных судов. Проверочные работы при изготовлении на построечном месте
- 7 ОСТ5.9079-80 Комплексная система контроля качества. Деформации местные сварных корпусных конструкций. Нормы и методы контроля
- 8 ОСТ5Р.9091-2002 Детали корпусные судовые стальные. Технические требования к изготовлению
- 9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
- 10 Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;

- 11 Санитарные правила и нормы 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственной среды;
- 12 ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;
- 13 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы;
- 14 СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение;
- 15 ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- 16 ГОСТ 12.1.019-70 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
- 17 ГОСТ Р 22.0.01-94 Безопасность в ЧС. Основные положения;
- 18 Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания;
- 19 ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования к безопасности;
- 20 ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

**Приложение II**  
(справочное)

**Development of automatic welding technology of t-beams under the flux layer at the Corimpex welding line**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ81	Власенков Дмитрий Олегович		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

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

# **1 Analysis of the current state of the technique for T-beam manufacturing**

T-shaped beams are widely used in various sectors of construction and industry. Due to their construction simplicity (T-shaped beams consist of only two elements - the wall and the shelf), their production can be easily mechanized. A large number of T-beams is available in the hull structures of ships.

The process of manufacturing a T-beam consists of the following main stages:

- cutting metal into workpieces (wall and shelf);
- processing the edges for welding (blunting, rounding, stripping);
- installation of the wall and shelves in the welding device (tipping, welding table, welding line);
- tack installation and welding;
- correcting residual deformations.

## **1.1 Methods and equipment for T-beam welding**

The following welding types are most often used for the manufacture of T-beams in industry and, in particular, in shipbuilding:

- arc welding with solid-section wire in an inert protective gas environment;
- arc welding with solid-section wire in an active protective gas environment;
- arc welding with flux-filled flux-cored wire in an active protective gas environment;
- arc welding with powder wire with metal filler in an inert protective gas environment;
- flux layer submerged arc welding with a solid-section wire.

Applicable types of equipment for automating the welding process of T-beams:

- welding tractor;
- welding carriage;

- automatic line.

### 1.1.2 Advantages of automatic flux layer submerged arc welding on an automatic production line

All of the above types of welding are equally suitable for automating the welding process of T-beams. However, in relation to all the listed types of welding of the "wire-gas" type, flux layer submerged arc welding with a solid-section wire has a number of advantages:

- cost-effective: unmelted flux is collected and reused, and solid wire is cheaper than wire with a flux or metal filler; there is no gas consumption;
- low metal spatter (as a result, reduced its waste, which also has a positive effect on the efficiency of the welding process).
- the flux has a low thermal conductivity and prevents rapid cooling of the metal (as a result, gases and non-metallic inclusions have time to float to the surface of the welding bath before the metal crystallizes);
- the arc is hidden under a layer of flux, which eliminates its light effect on the eyes of the welder (operator).

From the equipment for welding automation, to achieve maximum efficiency and speed of the process, it is most preferable to use an automatic production line. It has the following advantages:

- simultaneous welding with multiple heads on both sides of the beam;
- stable welding speed;
- it is not necessary to install and remove guide bars on each product to be welded (as in the case of a welding carriage or a welding tractor when used with it);
- you do not need to monitor the deviation from the trajectory of movement in the absence of guides, wear of the driving wheels (rollers), tension of welding cables (as in the case of a welding tractor);

- the possibility of reducing (up to zero or the permissible value set by the technical specification for manufacturing) the amount of residual deformation of the beam directly during welding (when using the appropriate equipment).

This dissertation is devoted to the development of welding technology with this possibility, while excluding individual operations for correcting the beam.

## **2 Problems of residual stresses and deformations during welding of T-beams**

### 2.2 Residual welding deformations correcting methods

Residual deformations of welded structures in industry are eliminated in the following ways.

1. Mechanical methods (cold correction). They are based on creating plastic elongation deformations in the cold state in order to correct plastic shortening or bending deformations caused by welding. Bending, stretching, metal settling in thickness under the press, rolling, forging can be applied. The last two operations are performed within the seam and the circumflex zone. As a result of cold editing, the product dimensions and configuration are adjusted to the specified design values. It should be taken into account that excessive deformation during product correction can cause cracks in the seam and the near-seam zone, which is unacceptable for the structure. Cold correction is performed using presses, jacks, rollers, or manually with a blacksmith's tool.

2. Thermal methods (hot correction). It is based on the creation of plastic deformations of the structure – in the hot state with electric or gas heating. This method can eliminate the curvature of thick-walled welded elements, as well as buckles in sheet structures. In this method of editing, the metal is heated by spots or areas, which cause plastic compression deformations. Carbon steels are usually heated by a flame to 650...1000°C. It is necessary to strive for short-term and concentrated heating, so that the neighboring zones remain unheated and resist the expansion of the heated metal. You can only judge the results of corrections after the

design has completely cooled down. Leaf elements are sometimes deposited with a hammer on the plane after heating. Since the heated metal has a low yield strength (it is plastic), it is easily deformed, and plastic compression deformations occur in it.

Thermal correction with local heating is used to eliminate deformations of T-beams. It is based on the development of plastic deformation by compression of stretched sections of the structure. When correcting by this method, the stretched area of the deformed part is usually heated. Heating is performed in separate sections. In this case, the expansion of the metal is prevented by the surrounding cold areas of the part. In these areas, the metal experiences plastic deformation of compression and shortening of stretched metal fibers. With subsequent cooling, these areas, while shrinking, straighten the product.



### 3 Corimpex BWM-TC-1200x600 automatic beam welding line overview

In accordance with the conclusions made in section 1.1 about the preferred use of automatic flux layer beam welding line, as well as the possibility of beam welding deformations reduced directly during welding, without the need for separate corrections, we will review the most appropriate model of this equipment.

At the enterprise considered in this dissertation, Far Eastern Zvezda factory (Vladivostok), an automatic flux layer beam welding line Corimpex BWM-TC 1200x600 is installed (Fig. 4). It allows welding T-beams and I-beams of constant and variable profile in automatic mode with a beam length from 1500 to 12000 mm, with a beam wall height from 350 to 1200 mm with a thickness of 8 to 25 mm, and a beam shelf width from 120 to 600 mm with a thickness of 8 to 40 mm.

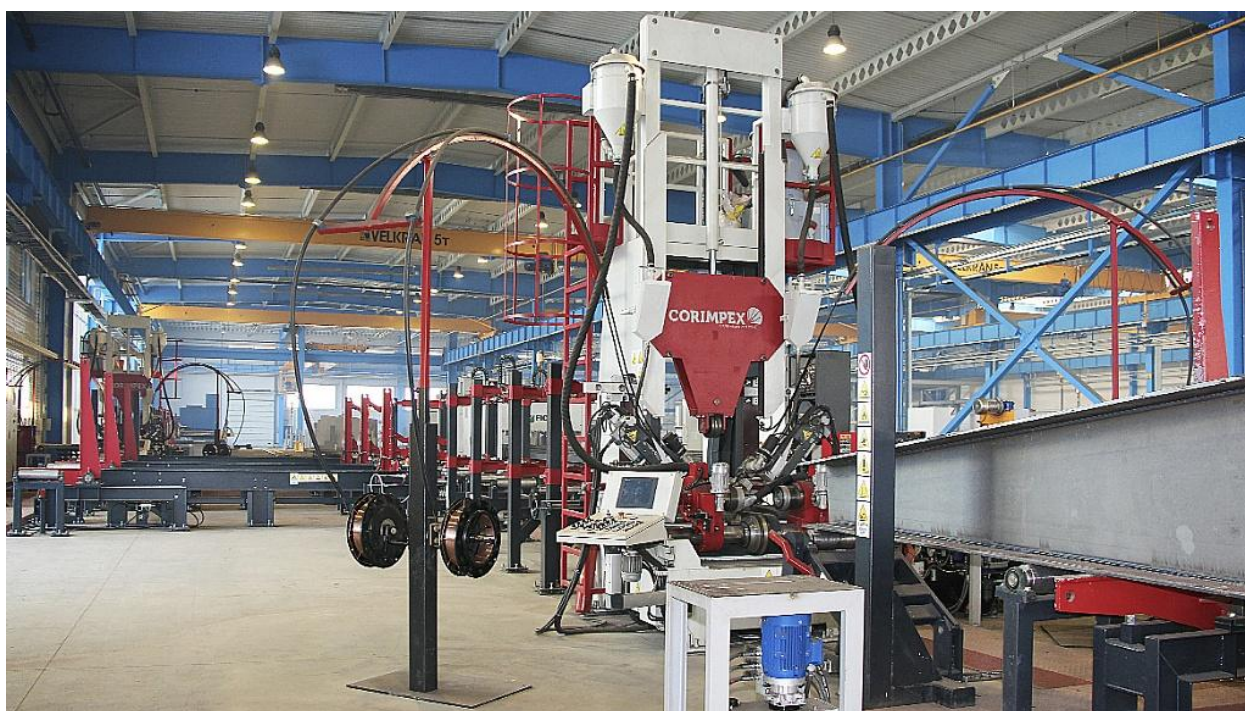


Figure 4 - General view of the Corimpex BWM-TC 1200x600 line

The line is equipped with a pneumatic clamped roller that allows to positioning the workpieces automatically before welding, as well as a tipping device for unloading finished products. However, the main feature of this model, which is of the greatest interest, is the availability of equipment for correcting residual beam

deformations directly during welding. This equipment includes the EFD Sinac 25/40 SM Twin induction heater system and a variable force pressure roller (for variable profile beams or beams with cutouts, a group of rollers is installed). By adjusting the clamping force of the roller (group of rollers) as the beam passes through the welding section of the line and heating it in the required places, as described in section 2.2, it is possible to completely reduce the deformation of the beam at the end of the welding process or reduce it to a value not exceeding the permissible values. A detailed description of how this strain correction system works and how to configure its operation modes will be provided further.

### 3.1 Device list of the Corimpex BWM-TC 1200x600 line

Fig. 5-6 shows the main elements and working bodies of the Corimpex BWM-TC 1200x600 welding line:

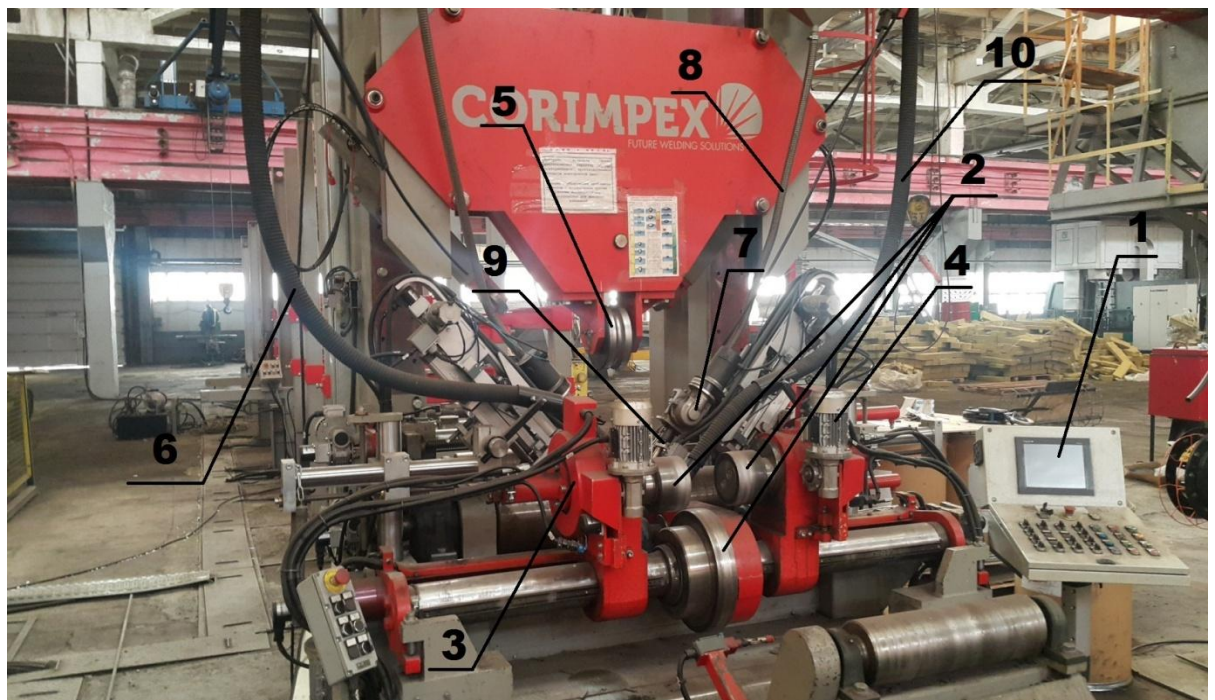


Figure 5-Welding section of the Corimpex BWM-TC 1200x600 line





Figure 6 - Elements of the Corimpex BWM-TC 1200x600 roll bar

- 1- control pad;
- 2 - lower pressure rollers;
- 3 - eccentric clamp;
- 4 - electric motor;
- 5 - upper pressure roller;
- 6 – tube of flow of flux;
- 7 - wire feeding system;
- 8 - wire feeding tube;
- 9 - welding head;
- 10 - unused flux suction tube;
- 11 - side pressure rollers;
- 12 - pneumatic cylinders;
- 13 - support and feeding rollers.

## **4 Technology of welding and residual deformations correction on the Corimpex BWM-TC 1200x600 line**

### **4.1 A welding procedure on the Corimpex BMW-TC 1200x600 line**

Before welding starts, the working area must be cleared of flux residues and contamination, the flux must be filled in the flux bins and the wire must be wound into the feeders (7). The beam billets (shelf and wall) are installed on the roller and secured with side pressure rollers (11). The welder fastens the shelf and the wall with tacks (the length and pitch of the tacks are specified in the WPS depending on the parameters of the beam). T-shaped lead bars are welded to both ends of the beam (in some cases, welding is performed without lead bars with incomplete connection welding). The beam is wound with the front end inside the welding area so that the output bar is opposite the welding head, and is pressed by the upper pressure roller (5). The flux is fed to the output bar at the welding points via tubes (6). The electric motors (4) of the feed mechanism drive are switched on. The welding current is applied through the contact tips to the wire. The wire feed systems (7) are switched on, the arcs on both sides of the beam are lit, and the welding process begins.

### **4.2 The EFD Sinac 25/40 SM Twin induction heating system**

The EFD Sinac 25/40 SM Twin induction heating system (Fig. 7) is designed for local inductive heating of the upper part of the T-beam during the welding process. This system consists of the following elements:

- 1- housing with power supply;
- 2 - control panel;
- 3 - power switch;
- 4 - cables;
- 5 - induction heaters.

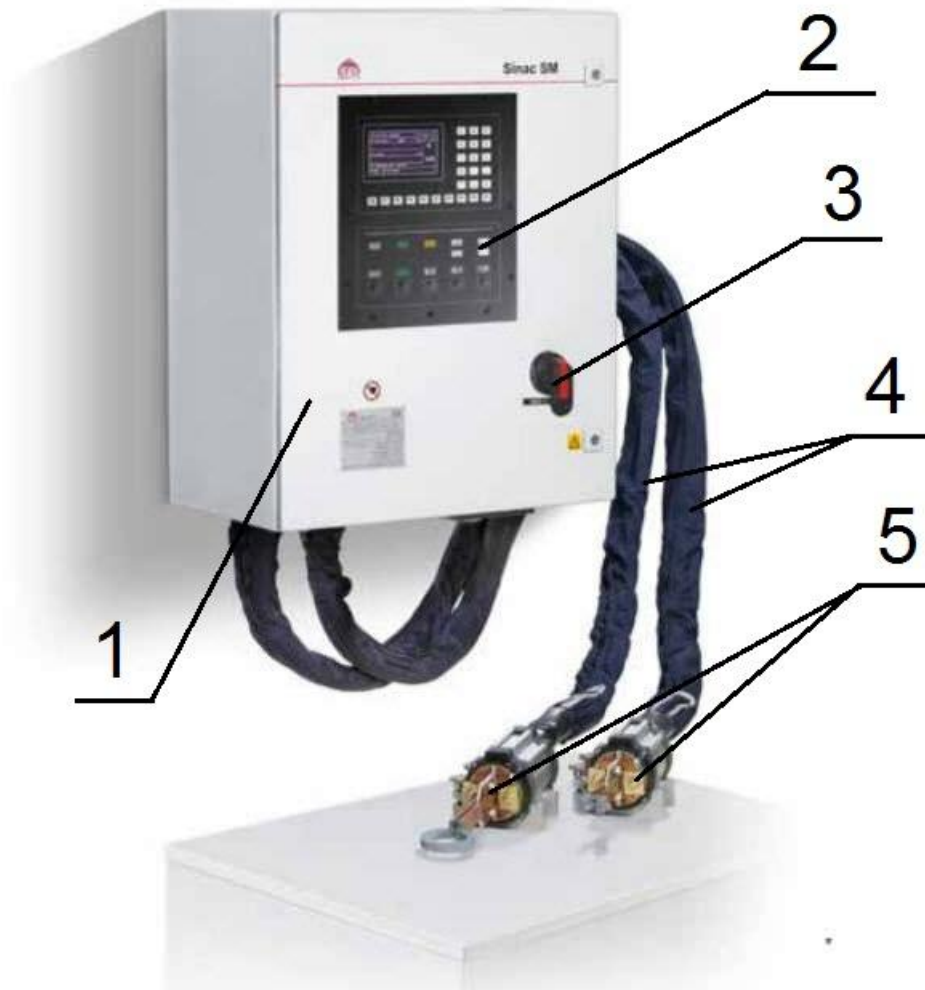


Figure 7 - EFD Sinac 25/40 SM Twin induction heating system

Induction heating, in contrast to traditional types of heating for thermal straightening of beams, has a list of advantages:

1. The product heats up to the desired temperature much faster. The speed of induction heating is 100-250 degrees per second.

2. Heating the parts allows reducing internal tension in the metal and their increase during welding.

3. Both parts of symmetrical cross-section and parts of complex shape can be treated using induction heating.

4. Preheating creates a more uniform heat distribution across the product section when the seam cools. The metal heated before welding cools down simultaneously with the cooling of the seam, and the shrinkage of the seam does not meet obstacles from the adjacent zones of the base metal.

5. During induction heating, no chips or scales are formed, and there are no traces of oil.

6. Thanks to the software installed in the induction unit, the entire workflow can be controlled automatically, which makes it possible to obtain more accurate processing results.

The required power of induction heating is calculated using the formula:

$$P = k \cdot a \cdot b \cdot v \cdot g \cdot C \cdot \Delta T,$$

where:

$k = 2.9$  - coefficient that considers losses in the converter, losses of connecting lines, losses in the inductor, losses on radiation, losses on convection, increase in heat capacity from temperature;

$a$ , m - width of the heated metal strip;

$b$ , m - width of the heated metal strip;

$v$ , m/sec – speed of movement of the strip;

$g$ , kg/m<sup>3</sup> - the density of steel;

$C$ , J/kg · deg – specific heat capacity of steel;

$\Delta T$ , ° – the required heating temperature.

#### 4.3 Technology for correcting residual deformations on the Corimpex BMW-TC 1200x600 installation

Based on the foregoing, and based on a standard welding process in the installation of Corimpex BMW-TC 1200x600, it can be concluded that the largest welding deformations (deflection) are in the middle of the beam and therefore the power of the induction heating and the pressing force of the top roller should be the greatest at the moment of passing through the middle of the beam welding station. Thus, the power of the heaters and the roller force increase from the moment of passing through the welding section of the beginning of the beam to the moment of passing through the middle of the beam to the maximum value, and by passing

through the welding section of the opposite end of the beam again reduced to the initial value.

Fig. 8 shows the cyclogram of the welding unit, taking into account changes in the power of induction heaters and the amount of pressure of the upper pressure roller.

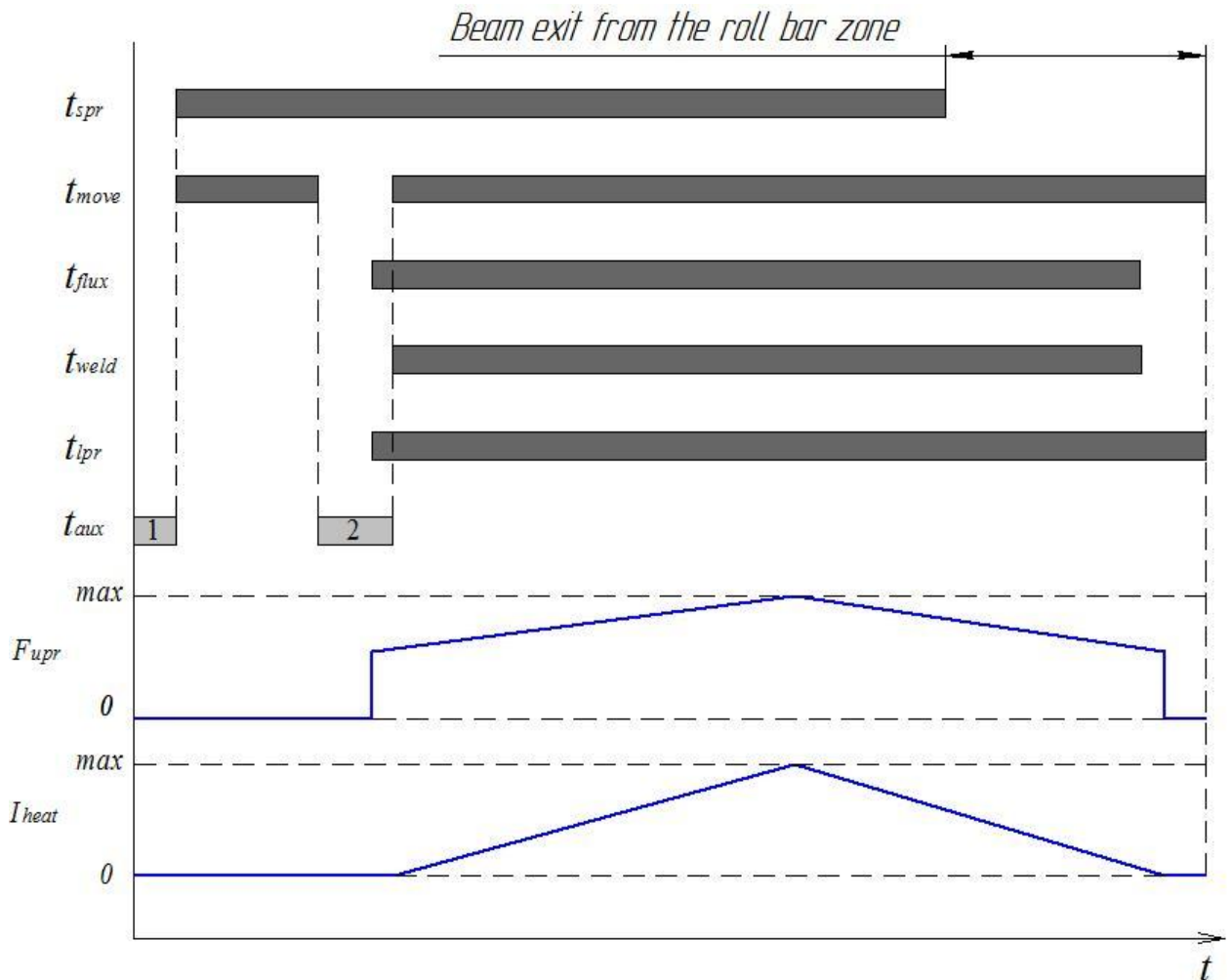


Figure 8 - Welding and deformations correction process cyclogram on the Corimpex BWM-TC 1200x600 line

Symbols on the cyclogram:

$t_{spr}$  – side pressure rollers activation time;

$t_{move}$  beam feeding (movement) time;

$t_{flux}$  – flux feed time;

$t_{weld}$  – welding current supply time (welding time);

$t_{lpr}$  – lower pressure rollers activation time;

$t_{\text{aux}}$  – auxiliary operations time:

1– tack and lead bars installing time;

2 – flux pour time before welding and clamping the beam with the lower pressure rollers;

$F_{\text{upr}}$  – upper pressure roller pressing force during the operation;

$I_{\text{heat}}$  – induction heaters current during the operation.