

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки рештака А3480ТАГ

УДК 621.757:621.791.754'264'21:622.647.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Ярушин Илья Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЭ ИШНКБ	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
19.04.2019 г.	Общая часть	10
23.04.2019 г.	Анализ способа сварки и сварочных материалов	20
27.04.2019 г.	Обоснование выбора основного сварочного оборудования	20
30.04.2019 г.	Технология изготовления сварного изделия	20
04.05.2019 г.	Конструкторская часть	10
16.05.2019 г.	Финансовый менеджмент	10
18.05.2019 г.	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Ярушину Илье Александровичу

Тема работы:

Технология изготовления сварной стропильной фермы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3694/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</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>Технология сборки и сварки рештака А3480ТАГ</p>
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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"> 1.Общая часть 2.Анализ способа сварки и сварочных материалов 3.Обоснование выбора основного сварочного оборудования 4.Технология изготовления сварного изделия 5.Конструкторская часть 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность 8. Заключение по работе
--	--

<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Титульный лист 2. Комплект технологической документации по сборке и сварке рештака
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Основная часть	Князьков Анатолий Федорович
Финансовый менеджмент	Жаворонок Анастасия Валерьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Князьков А.Ф.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Ярушин Илья Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа студента состоит из 96 страниц, 8 рисунков, 37 таблиц, 22 источника, 1 приложение, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: смесь газов CO_2+O_2 , релтак, дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов, плавящийся электрод, активный газ.

Объектом разработки является технология сборки и сварки релтака

A – 3480.ТАГ.002.06.01.100.

Цель работы – уменьшить разбрызгивания металла при дуговой сварке плавящимся электродом за счет применения смеси защитного газа CO_2+O_2 .

Достигнуты технико–эксплуатационные показатели: высокое качество сварного шва и увеличение производительности.

Разработанный метод может применяться для сварки релтаков, и также для сварки изделий, к которым предъявляются повышенные требования к качеству сварного шва.

Выпускная квалификационная работа бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на диске CD – RW (в конверте на обороте обложки).

Abstract

Graduation qualification work of the student consists of 96 pages, 8 figures, 37 tables, 22 sources, 1 application, 5 sheets of graphic material.

Key words: mixture gas CO_2+O_2 , pan, GMAW, consumable electrode, active gas.

The object of the development is the assembly and welding technology of the pan

A - 3480. TAG.002.06.01.100.

The purpose of the work is to reduce metal spatter during arc welding with consumable electrode due to the use of a mixture of protective gas of CO_2+O_2 .

Achieve technical performance indicators: high quality weld and increase productivity.

The developed method can be used for welding of pans, and also for welding of products to which increased requirements are imposed on the quality of the weld.

The final qualification work of the bachelor is done in a Microsoft Word text editor and is presented on a CD-RW (in the envelope on the back of the cover).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
2. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
3. ГОСТ 12.1.007.0–75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электрическое. Общие требования безопасности.»
4. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Изменением N 1)
5. ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений
6. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)
7. ГОСТ 12.2.007.8–75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электросварочное и для плазменной обработки. Требование безопасности»
8. ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1)
9. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия
10. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5)

11. ГОСТ 5583-78. Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
12. ГОСТ 5614-74 Машины для термической резки металлов. Типы, основные параметры и размеры
13. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия (с Изменениями N 1, 2).
14. ГОСТ 11269-76. Прокат листовой и широкополосный универсальный специального назначения из конструкционной легированной высококачественной стали. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)
15. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3)
16. ГОСТ 14792-80 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. Точность, качество поверхности реза
17. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5)
18. ГОСТ 17433-80. Промышленная чистота. Сжатый воздух. Классы загрязненности (с Изменением N 1)
19. ГОСТ 19903-74. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (с Изменениями N 1-6)
20. ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные

Обозначения и сокращения

$\sigma_{0,2}$ – предел текучести;

σ_B – предел прочности;

C_x – химический эквивалент углерода;

C_p – размерный эквивалент углерода;

$L_{св.а}$ – длина сварных швов выполненных механизированной сваркой;

$L_{св}$ – общая протяженность сварных швов;

$N_{пов}$ – число наименований деталей с повторяющимся конструктивным элементом;

N_o – общее количество наименований деталей сварной конструкции;

$G_{он}$ – общая масса наплавленного металла;

G_k – масса сварной конструкции;

$I_{св}$ – сила сварочного тока;

U_{∂} – напряжение на дуге;

d_s – диаметр электродной проволоки;

j_s – плотность тока;

Ψ_{np} – коэффициент формы провара;

α_H – коэффициент наплавки;

$\psi_{п}$ – коэффициент потерь;

l – вылет электрода;

α_p – коэффициента расплавления;

$V_{св}$ – скорость сварки;

F_n^0 – площадь поперечного сечения наплавленного металла;

F_n – площадь первого прохода;

Оглавление	C.
Введение	12
1 Общая часть	13
1.1 Описание сварной конструкции	13
1.2 Материалы изделия	14
1.3 Обзор способов сварки	15
2 Анализ способа сварки и сварочных материалов	21
2.1 Выбор способа сварки	21
2.2 Выбор сварочных материалов	23
2.3 Расчет режимов сварки в CO ₂	26
3 Обоснование выбора основного сварочного оборудования	30
3.1 Выбор источника питания	30
3.2 Выбор сварочного оборудования	34
4 Технология изготовления сварного изделия	36
5 Конструкторская часть	43
5.1 Приспособления для сборки рештака	43
5.2 Кантователь для сварки рештака	45
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	47
6.1 Потенциальные потребители разработки	47
6.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
6.1.2 SWOT-анализ	49
6.2 Планирование управления	51
6.3 Расчет норм времени	56
6.4 Экономическая оценка сравниваемых процессов сварки	60
6.4.1 Определение затрат на сварочные материалы	60
6.4.2 Затраты на заработную плату производственных рабочих	61
6.4.3 Отчисления на социальные нужды	61
6.4.4 Затраты на электроэнергию	62
6.4.5 Затраты на ремонт оборудования	63

6.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования	65
7 Социальная ответственность	69
7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
7.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	69
7.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	70
7.2. Производственная безопасность	71
7.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	71
7.2.2. Мероприятия по устранению опасных и вредных факторов	75
7.3 Экологическая безопасность	79
7.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	80
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
7.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	82
7.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	83
Заключение	87
Список используемой литературы:	88
Приложение А	90

Введение

В настоящее время сборку и сварку решеток производят механизированной сваркой в CO_2 . Сварка в CO_2 имеет ряд существенных недостатков: 1 – повышенное разбрызгивание и потери электродного металла; 2 – дуга горит в узком диапазоне напряжений. При данном способе сварки довольно трудно получить мелкокапельный либо струйный перенос металла, что сказывается на характере формирования шва.

Данные недостатки можно устранить, применив в качестве защитного газа смесь $\text{CO}_2 + \text{O}_2$. При сварке углеродистых легированных сталей применение такой защитной смеси по многим параметрам более рационально, чем использование чистой углекислоты.

Процесс сварки в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ более стабилен, чем в чистом CO_2 , перенос электродного металла более мелкокапельный, разбрызгивание минимальное. Углекислый газ способствует устранению пористости в сварных швах. Благодаря практически полному отсутствию разбрызгивания металла значительно снижается трудоемкость зачистки изделий после сварки. Добавка углекислого газа к аргону заметно уменьшает интенсивность излучения дуги и тем самым улучшает условия труда сварщиков. Благодаря уменьшению окислительного потенциала защитной среды уменьшается выделение твердой фракции сварочного аэрозоля, а в ней – снижение содержания токсичных выделений окислов марганца и хрома.

Объектом исследования является технология сборки и сварки решетки.

Практическая новизна заключается в применении для сварки смеси защитного газа углекислоты и кислорода, что позволяет уменьшить разбрызгивание металла и увеличить производительность сварки.

1 Общая часть

1.1 Описание сварной конструкции

Рештак А – 3480.ТАГ.002.06.01.100 входит в состав конвейера Анжера – 34. Длина конвейера до 350м, производительность до 2500 т/час. Рештачный став конвейера состоит из лито – сварных секций. В составе секции става непосредственно рештак с литыми боковинами (забойная боковина отлита с лемехом), и приваренным бортом с кронштейнами под установку реек, съемный желоб кабелеукладчика, пластины перекрытия от просыпа горной массы между желобами, рейки и фасонные соединители. Ширина по внутреннему каналу 800мм. Литые боковины рештаков имеют модернизированную форму профиля. И вследствие этого скребок не имеет на концах острых углов, что позволило поднять ресурс боковин и самого скребка. Кроме того, термообработка боковин в автоматизированной закалочной печи позволила получить равномерную заданную твердость. Что в совокупности с применением износостойких листов, толщиной 40мм и твердостью 300 – 600 НВ, для изготовления рештаков, позволило достигнуть ресурса 10 – 15 млн. тонн перемещенной горной массы.

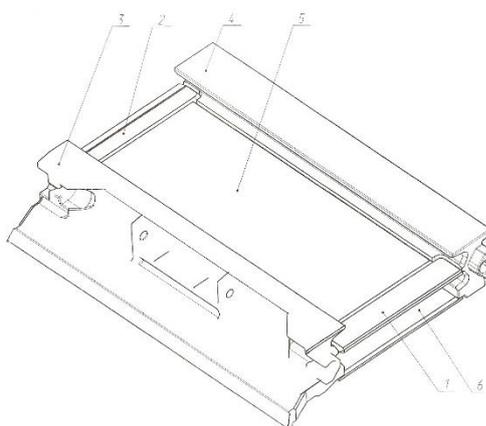


Рисунок 1 – Рештак А – 3480.ТАГ.002.06.01.100:

1 – козырек; 2 – козырек; 3 - боковина забойная; 4 – боковина завальная;
5 – днище верхнее; 6 – днище нижнее.

1.2 Материалы изделия

Козырьки изготавливают из стали 30ХГСА ГОСТ 11269 – 76 из листа толщиной 40 мм по ГОСТ 19903 – 74.

Таблица 1 – Химический состав стали 30ХГСА ГОСТ 11269 – 76, %

С	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
				Не более			
0,28...0,34	0,90...1,20	0,80...1,10	0,80...1,10	0,025	0,025	0,30	0,30

Таблица 2 – Механические свойства. Закалка 880°С, масло, отпуск 600°С, вода

Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5	φ	КСУ. Дж/см ²
			%		
30	880	1000	12	50	69
50	760	880	12	50	69

Свариваемость – ограниченно свариваемая. Способы сварки: ручная дуговая сварка, автоматическая дуговая сварка, под флюсом и газовой защитой, аргонодуговая сварка, электрошлаковая сварка. Рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Литые боковины изготавливают из стали 30ГСЛ ГОСТ 977 – 88.

Таблица 3 – Химический состав, % (ГОСТ 977 – 88)

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			Не более				
0,25...0,35	1,10...1,40	0,60...0,80	0,040	0,040	0,30	0,30	0,30

Таблица 4 – Механические свойства (ГОСТ 977 – 88)

Режим термообработки	сечение	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	φ	КСУ. Дж/см ²
		МПа		%		
Нормализация 870...890°С, Отпуск 570...600°С	До 100	350	600	14	25	29
Закалка 920...950°С, Отпуск 570...650°С	До 100	400	650	14	30	49

Свариваемость – способы сварки: ручная дуговая сварка, автоматическая дуговая сварка под газовой защитой, электрошлаковая сварка.

Необходим подогрев и последующая термическая обработка.

Днище верхнее изготавливается из листа XARDOX 400.

Таблица 5 – Химический состав, %

C	Si	Mn	p	S	Mo	Cr	B
0,13	0,45	1,4	0,025	0,010	–	–	0,002

Таблица 6 – Механические свойства

HB	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	σ_b , Н/мм ²	γ , %
370...430	1000	1250	10

Свариваемость – обладает хорошей свариваемостью, прекрасно сваривается со всеми другими конструкционными сталями с применением любого общепринятого метода сварки.

Может свариваться общей толщиной листов до 40мм без предварительного нагрева.

1.3 Обзор способов сварки

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами в настоящее время остаётся одним из распространенных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки. Сущность метода заключается в том, что к электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный

сварочный ток. Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность. Существенный недостаток этого способа – малая производительность процесса и зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика [1].

Автоматическая сварка под флюсом нашла широкое применение в промышленности при производстве конструкций из сталей, цветных металлов и сплавов объясняется высоким качеством и более постоянными свойствами сварного соединения, более низким, чем при ручной сварке, расходом сварочных материалов и электроэнергии. Электродная проволока подается в зону сварки чрез флюс с помощью специального подающего механизма сварочного автомата, а также автоматизировано перемещение дуги относительно изделия со скоростью сварки [1].

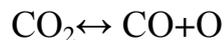
К недостаткам способа относится возможность сварки только в нижнем положении ввиду возможного стекания расплавленного флюса и металла при отклонении плоскости шва от горизонтали более чем на $10...15^{\circ}$, а также невозможность визуального наблюдения за протеканием процесса образования сварного шва [1].

Сварка в защитных газах нашла широкое применение в промышленности. Этим способом можно соединять в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до сотых долей миллиметра [1].

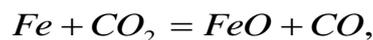
Сварка в CO_2 экономична, обеспечивает достаточно высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, позволяет выполнять швы в различных пространственных положениях. Наиболее распространена сварка полуавтоматами [1].

Учитывая, что защитный газ активный и может вступать во взаимодействие с расплавленным металлом, сварка в CO_2 имеет ряд особенностей [1].

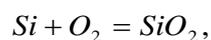
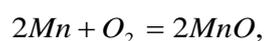
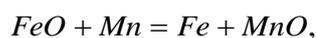
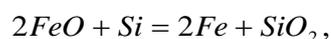
В зоне дуги углекислый газ диссоциирует:



Углекислый газ и образовавшийся кислород взаимодействуют с расплавленным металлом сварочной ванны с образованием оксида железа:



Окисление сварочной ванны ухудшает механические свойства шва и в первую очередь его пластичность. Для предотвращения этого процесса в сварочную ванну вводят элементы – раскислители, хорошо взаимодействующие с кислородом. Обычно это марганец и кремний. Раскислители выводят в шлак избыток кислорода и на участках сварочной ванны, имеющих пониженную температуру, восстанавливают железо из оксидов:



Введение раскислителей в сварочную ванну обычно осуществляется через проволоку. Поэтому при сварке в CO_2 используется сварочная проволока, легированная марганцем и кремнием.

Однако, несмотря на введение раскислителей, характеристики пластичности шва получаются несколько ниже, чем при сварке под флюсом или ручной сварке электродами с основным покрытием. Поэтому сварку в CO_2 не рекомендуют использовать для ответственных конструкций, работающих при низких температурах в условиях переменных и ударных нагрузок.

Имеет свои особенности и перенос электродного металла при сварке в CO_2 .

В зоне дуги происходит диссоциация углекислого газа, которая сопровождается поглощением тепла. Кроме того, углекислый газ обладает достаточно высокой теплопроводностью. Эти процессы приводят к интенсивному отводу тепла от внешней поверхности дуги, в результате чего она снижается [2].

Анодное пятно разогревает только центральную часть капли, не захватывая боковые поверхности проволоки. При сварке в CO_2 интенсивность нагрева проволоки дугой ниже, т.к. осуществляется за счет передачи тепла через каплю. При сварке в Ar дуга разогревает непосредственно проволоку, поэтому на ее торце силы поверхностного натяжения ниже и капли отрываются при меньшем весе. Процессу же сварки в CO_2 характерен перенос электродного металла достаточно крупными каплями [2].

Улучшить процесс переноса электродного металла и уменьшить размер капель при сварке в CO_2 позволяет введение в сварочную проволоку щелочных и щелочноземельных металлов (цезия, рубидия и др.), а также использование импульсных источников питания позволяющих управлять отрывом капель расплавленного электродного металла [2].

С процессом переноса тесно связан процесс разбрызгивания металла при сварке. Различные виды разбрызгивания показаны на рисунке 10. Обычно считают, что разбрызгивание металла объясняется следующими причинами. Выдуванием капли потоками газов и паров поднимающихся со сварочной ванны (рисунок 2, а).

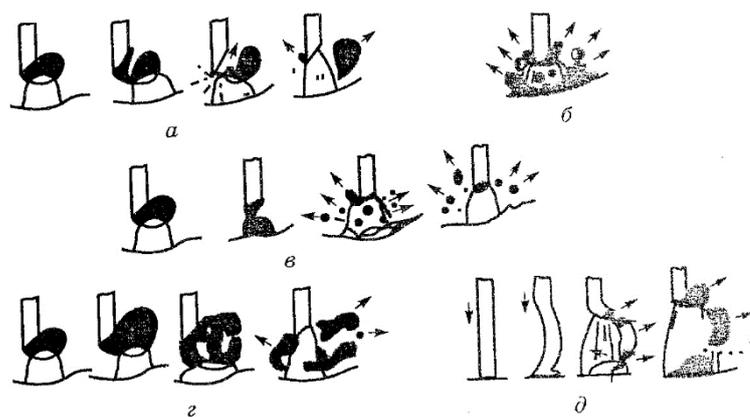


Рисунок 2 – Основные виды разбрызгивания при сварке в CO_2 :

а — выдувание капли потоком газов; б — выплескивание ванны при падении капли; в — выброс мелких капель при разрыве перемычки жидкого металла; г — образование брызг при наличии на проволоке ржавчины; д — выброс не расплавившейся проволоки

При этом капля первоначально отклоняется от заданной траектории, а затем отрывается и уносится в сторону от сварочной ванны. Этот процесс происходит более интенсивно для капель крупных размеров, т.к. в этом случае увеличивается их парусность, а также время зависания капли на конце проволоки. Другой причиной разбрызгивания является падение капли в ванну жидкого металла, вследствие чего она частично выплескивается (рисунок 10, б). Этот процесс также более интенсивно происходит при крупнокапельном переносе. Образуются брызги и при разрыве перемычки жидкого металла, соединяющего каплю со сварочной проволокой (рисунок 2, в). Возможно образование брызг и при нарушениях технологического процесса сварки. Например, при наличии на проволоке ржавчины, что приводит к частым взрывам крупных капель (рисунок 2, г); при неправильном соотношении между параметрами режима сварки, когда проволока выбрасывается из зоны сварки не расплавившимися частями (рисунок 2, д).

Повышенное разбрызгивание является недостатком сварки в CO_2 , т.к. требует дополнительных затрат на зачистку от брызг свариваемого металла и сопла горелки полуавтомата. Причем брызги при сварке в CO_2 сильнее

привариваются к металлу, чем при сварке покрытыми электродами, т.к. практически не покрыты шлаковой пленкой [2].

Одним из способов снижения разбрызгивания и уменьшения приваривания брызг к основному металлу является добавка к углекислому газу кислорода. Кислород уменьшает силу поверхностного натяжения жидкого металла, которая удерживает каплю на конце проволоки. Это приводит к лучшему отрыву капель и переходу к более мелкокапельному переносу. Улучшается формирование шва. Несколько увеличивается производительность сварки вследствие выделения дополнительного тепла при окислительных реакциях. Окисленные капли хуже привариваются при падении на свариваемый металл.

2 Анализ способа сварки и сварочных материалов

2.1 Выбор способа сварки

Выбор способа обусловлен рядом факторов:

- лёгкость монтажа в заводских условиях;
- возможность сварки стали 30ХГСА ГОСТ 11269 – 76;
- проплавление заданной толщины металла;
- защита сварного шва и зоны термического влияния от воздействия газов атмосферы;
- высокая производительность и легкость механизации и автоматизации процесса;
- возможность сварки конструкций сложной формы и больших габаритов;
- возможность визуального наблюдения за формированием шва.

Сварка в CO_2 имеет ряд существенных недостатков: 1 – повышенное разбрызгивание и потери электродного металла; 2 – недостаточное сопротивление хрупкому разрушению, особенно при низких температурах. При данном способе сварки довольно трудно получить мелкокапельный либо струйный перенос металла, что сказывается на характере формирования шва. Также защитный газ не обеспечивает достаточную защиту шва от влаги, содержащейся в воздухе, защитном газе, наличие которой, в свою очередь приводит к формированию пор и трещин.

В последнее время широкое распространение получает механизированная сварка в смеси углекислого газа и кислорода. Благодаря хорошему формированию швов, их повышенной стойкости против образования кристаллизационных трещин, уменьшению разбрызгивания и увеличению производительности сварки этот способ все больше применяется при изготовлении различных металлоконструкций и машин. При

квалифицированном исполнении металл такого шва имеет высокие механические свойства и обеспечивает требуемое качество соединений.

Также проведем сравнительный анализ механизированной сварки в CO_2 и смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$.

При сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ с изменением O_2 от 10 до 50% в швах угловых и стыковых соединений при оптимальных режимах и достаточной подаче газа трещины и поры не наблюдаются.

Также на характер переноса электродного металла влияет кислород. Добавление 8...12% кислорода к CO_2 приводит к более мелкокапельному переносу электродного металла, так как кислород уменьшает поверхностное натяжение жидкого металла, удерживающее каплю на электродной проволоке.

При мелкокапельном переносе металла, улучшается формирование сварочного шва, уменьшается высота усиления и чешуйчатость шва, уменьшаются потери металла на разбрызгивание, а следовательно повышается производительность процесса сварки.

По сравнению со сваркой в углекислом газе сварка с добавлением до 50% кислорода дает следующие преимущества:

- брызги легче отделяются от металла;
- формирование шва улучшается, он гладкий, менее выпуклый, форма провара практически такая же, как при сварке в углекислом газе;
- при сварке металла с ржавчиной склонность шва к образованию пор меньше, чем при сварке CO_2 ;
- смесь $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ дешевле углекислого газа. Расход ее такой же, как при сварке в CO_2 .

Таблица 7 – Содержание газов в швах при сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ и углекислом газе

Защитная среда	Содержание		
	O, %	N, %	H, мл/100 г
$\text{CO}_2 + \text{O}_2$	0,045	0,0123	1,07
CO_2	0,05	0,0147	1,83

Таблица 8 – Механические свойства металла швов, выполненных в смеси CO_2+O_2 и углекислом газе

Защитная среда	$\sigma_{0,2}$ кг/мм ²	σ_B , кг/мм ²	δ_5 , %	ψ , %
$\text{CO}_2 + \text{O}_2$	37,1	54,1	25,5	66,0
CO_2	39,8	56,9	27,2	66,0

Как видно, при сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ (до 50% O_2) формирование шва улучшается, склонность его к порам уменьшается, а механические свойства такие же, как при сварке в CO_2 . Опыты показали, что подобную смесь газов можно применять для сталей повышенной прочности.

На основании выше изложенного, а также учитывая более высокую производительность и экономическую целесообразность механизированная сварка в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ более предпочтительна.

2.2 Выбор сварочных материалов

К сварочным материалам, используемым при сварке плавлением, относятся: сварочная проволока, присадочные прутки, порошковая проволока, плавящиеся покрытые электроды, неплавящиеся электроды, различные флюсы, защитные газы. С помощью сварочных материалов реализуется процесс сварки и осуществляется сложная физико–химическая обработка расплавленных электродного и основного металлов, производимая в газовой фазе и завершающаяся в сварочной ванне, что приводит к образованию шва нужного химического состава с требуемыми свойствами. Присадочный металл требуется для получения шва с необходимыми геометрическими размерами согласно [2].

Диаметр проволок сплошного сечения при сварке в углекислом газе и смесях газов выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и пространственного положения шва. Проволоками диаметром 1,6...2 мм сваривают соединения толщиной 10...16мм, швы в различных

пространственных положениях, а также корневые слои многослойных соединений. Следовательно, при механизированной сварке плавящимся электродом швов, расположенных в различных пространственных положениях, выбираем электродную проволоку диаметром до 1,6мм.

В качестве электродов используется сварочная проволока по ГОСТ 2246–70. Для сварки стали 30ХГСА в среде углекислого газа рекомендуется проволока марок Св–18ХМА, Св–18ХГС, Св–08ГСМТ (или Св–10ГСМТ) согласно [1].

Таблица 9 – Химический состав сварочной проволоки, %

Марка проволоки	С	Si	Mn	Cr	Mo	Ti	S	P
							не более	
Св-18ХМА	0,150, 22	0,12–0,35	0,40–0,70	0,80–1,10	0,15–0,30	–	0,025	0,025
Св-18ХГС	0,15–0,22	0,90–1,20	0,80–1,10	0,80–1,10	–	–	0,025	0,030
Св-08ГСМТ	0,06–0,11	0,40–0,70	1,00–1,30	≤0,30	0,20–0,40	0,05–0,12	0,025	0,030

Для снижения вероятности выгорания легирующих элементов следует использовать из приведенных проволок Св–18ХГС или Св–08ГСМТ. А, учитывая, что содержание углерода в металле шва не должно превышать 0,15% согласно [4], из этих двух следует выбрать Св–08ГСМТ, как содержащую меньшее количество углерода.

Защитные газы делятся на две группы: химически инертные и активные. Газы первой группы с металлом, нагретым и расплавленным, не взаимодействуют и практически не растворяются в нем. Газы второй группы защищают зону сварки от воздействия воздуха, но сами либо растворяются в жидком металле, либо вступают с ним в химическое взаимодействие.

Для защиты расплавленного электродного металла и сварочной ванны будем использовать смесь газов CO_2+O_2 .

CO₂ в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ без запаха плотностью 1,839кг/м³. Он тяжелее воздуха, что обеспечивает хорошую защиту сварочной ванны, но его накапливание в зоне сварки – выше 5% - может вызвать явление кислородной недостаточности и удушья согласно [3].

CO₂ – Химически активный газ, защищает зону сварки от воздуха, но сам вступает с жидким металлом в химическое взаимодействие. Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой емкости в жидком состоянии с последующей газификацией через редуктор или с централизованным снабжением сварочных постов через рампы. В баллоне емкостью 40л содержится 25кг CO₂, дающего при испарении 12,5м³ газа при давлении 0,1МПа (760мм рт. ст.). Баллон окрашен в черный цвет, надписи желтого цвета [3].

ГОСТ 8050–85 устанавливает следующие сорта углекислоты: высший, первый и второй, которые отличаются физико – химическими показателями.

Таблица 10 – Физико–химические показатели газообразной и жидкой двуокиси углерода

Наименование показателя	Норма		
	высший сорт	первый сорт	второй сорт
1. Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), %, не менее	99,8	99,5	98,8
9. Массовая доля воды, %, не более	0,0	0,0	0,1
10, Массовая концентрация водяных паров при температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м ³ , не более	0,037	0,184	Не нормируется
3. Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	0,1	Не нормируется

Для сварочного производства рекомендовано использование углекислоты высшего и первого сортов. Это связано с тем, что повышенное содержание влаги создает риск возникновения пористости металла шва и

насыщения его водородом, который оказывает негативное воздействие на качество сварного соединения.

Также для сварки использовался кислород газообразный технический по ГОСТ 5583-78. Для хранения и транспортировки кислорода используются стандартные баллоны емкостью 40 л под давлением 15 МПа.

Приготовление смесей CO_2+O_2 обычно производится непосредственно на сварочных постах. Однако возможно и многопостовое снабжение смесями, а также получение смесей непосредственно на заводе –изготовителе.

2.3 Расчет режимов сварки в CO_2

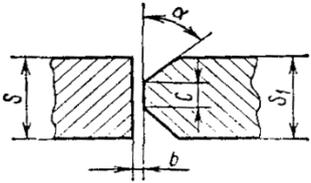
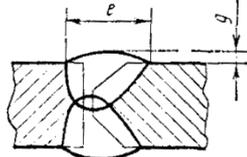
Основными параметрами режима механизированной сварки, оказывающими существенное влияние на размеры и форму швов являются:

- диаметр электродной проволоки, мм;
- значение силы тока, А;
- напряжение дуги, В;
- скорость сварки, м/ч;
- скорость подачи проволоки, м/ч;

При определении режима сварки необходимо выбрать такие его параметры, которые обеспечат получение швов заданных размеров, формы и качества.

Для расчёта режима сварки будет взят один основной шов. Режим остальных швов выбирается по таблицам. В качестве основного, берётся шов №1 ГОСТ 14771–76 – С15 – УП.

Таблица 11 – Конструктивные элементы шва ГОСТ14771 – 76

условное обозначение сварочного соединения	Конструктивные элементы		S = S1	b	c	e	q	α
	подготовленных кромок свариваемых деталей	шва сварного соединения						
C15			40	2^{+1}_{-2}	2^{+1}_{-2}	26^{+2}_{-2}	2^{+2}_{-2}	$40^{\circ} \pm 2$

При сварке проволокой диаметром 1,6...2.0мм площадь первого прохода 20...40мм², площадь второго и последующих проходов составляет 40...100мм² согласно [4].

Определим силу сварочного тока.

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{эл}^2}{4} \cdot j \quad (1)$$

где d_s – диаметр электродной проволоки, 1,6 мм;

j_s - плотность тока (95 А/мм²).

Сила сварочного тока для первого прохода

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 95 = 200 \text{ A}$$

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение на дуге:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (2)$$

$$U_d = 28 \text{ В}$$

Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение на дуге, определим коэффициент формы провара по формуле:

$$\psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_э \cdot U_d}{I_{св}} \quad (3)$$

где K' - коэффициент, величина которого зависит от рода и полярности тока. $K' = 0,92$ при плотности тока 90 А/мм^2 при сварке постоянным током обратной полярности.

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,6 \cdot 28}{200} = 2,944$$

$$\psi_{\text{пр}} = 2,035$$

Для определения скорости сварки необходимо найти значение коэффициента наплавки α_H по формуле:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot (1 - \psi_{\text{п}}), \quad (4)$$

где $\psi_{\text{п}}$ - коэффициент потерь, зависящий от плотности тока в электроде.

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2, \quad (5)$$

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 90 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 90^2 = 7,49\%$$

Величину коэффициента $23,76$ расплавления рассчитываем по формуле:

$$a_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \sqrt{I_{\text{св}}} \frac{l}{d_3^2} \quad (6)$$

где l - вылет электрода, составляющий $10 \dots 20 \text{ мм}$. Приняв $l = 15 \text{ мм}$, получим:

$$a_p = 9,25 \frac{\Gamma}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

$$\alpha_H = 9,25 \cdot (1 - 0,0749) = 8,55 \frac{\Gamma}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Определим скорость сварки для первого прохода. $F = 40 \text{ мм}^2$

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_H \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} \quad (7)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{8,55 \cdot 200}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,3} = 0,22 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 7,92 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Затем определяют скорость подачи электродной проволоки при механизированной сварке по формуле:

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{эл}}} \quad (8)$$

$$V_{\text{пэл}} = \frac{9,25 \cdot 200}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,02} = 3,12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Режим сварки для второго и последующих проходов.

$$I_{\text{св}} = 340\text{А}$$

Напряжение на дуге:

$$U_{\text{д}} = 30\text{В}$$

Коэффициент расплавления:

$$a_p = 9,42 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}}$$

Коэффициент наплавки:

$$\alpha_{\text{н}} = 8,4 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{ч}},$$

Скорость сварки:

$$V_{\text{св}} = 4,32 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{\text{пэл}} = 4,5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Число проходов определяется по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{н}} - F_1}{F_{\text{п}}} \quad (9)$$

$$n = \frac{455 - 30}{70} = 6,08 + 1 = 8$$

3 Обоснование выбора основного сварочного оборудования

3.1 Выбор источника питания

Для питания сварочной дуги при механизированной сварке в среде защитных газов используют источники постоянного тока. К ним относятся сварочные преобразователи, агрегаты и выпрямители. Главным требованием к источникам питания является обеспечение ими легкого возбуждения и стабильного горения сварочной дуги. Все источники питания характеризуются следующими основными показателями: величиной напряжения холостого хода, формой внешней характеристики, мощностью, продолжительностью работы (ПР) и продолжительностью включения (ПВ), Внешняя вольт–амперная характеристика определяющая зависимость напряжения источника от величины сварочного тока, может быть падающей (круто, полого), жесткой или возрастающей. Возрастающую характеристику применяют при сварке тонкой проволокой в среде защитных газов.

Для сварки данного вида изделия будем применять сварочный выпрямитель ВДУ–350сэ.адк. Основные технические данные приведены в таблице 12.

Выпрямитель сварочный универсальный ВДУ–350сэ.адк предназначен: для ручной дуговой сварки покрытыми электродами постоянным током, а также механизированной сварки сталей сварочной проволокой в среде защитных газов в составе полуавтоматов ПДГО–350сэ.адк. Дополнительно выпрямитель может осуществлять механизированную сварку в среде смеси газов углекислого газа и кислорода постоянным током в импульсном режиме. Вид климатического исполнения УЗ.1 по ГОСТ 15150.

Таблица 12 – Технические характеристики

Наименование показателя	ВДУ - 350сэ
1. Напряжение сети, В.	380±5%
2. Частота, Гц.	50
3. Ток потребляемый от сети, А, (не более)	30
4. Напряжение холостого хода, В, (не более)	58
5. Рабочее напряжение, В.	15 – 30
6. Пределы регулирования сварочного тока, А.	25 – 350
7. Номинальный сварочный ток, А	ПВ 100% - 350А
8. Масса, кг.	180
9. Габаритные размеры, мм.	612×577×765

Форма и размеры шва помимо прочего (скорости сварки, пространственного положения электрода и изделия и др.) зависят также от характера расплавления и переноса электродного металла в сварочную ванну. Для улучшения технологических свойств дуги применяют периодическое изменение ее мощности – импульсно – дуговая сварка (рисунок 3).

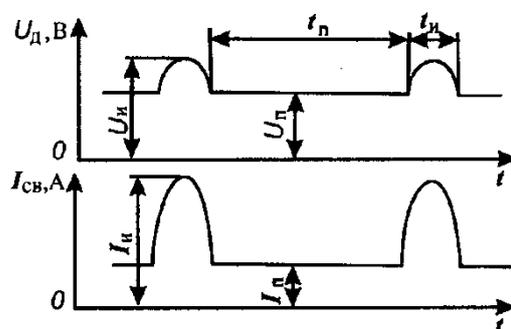


Рисунок 3 – Изменение тока и напряжения дуги при импульсно – дуговой сварке: $I_{п}$, $U_{п}$ – ток и напряжение основной дуги; $I_{и}$, $U_{и}$ – ток и напряжение дуги во время импульса; $t_{п}$, $t_{и}$ – длительность паузы и импульса

Теплота, выделяемая основной дугой, недостаточна для плавления электродной проволоки со скоростью, равной скорости ее подачи. Вследствие этого длина дугового промежутка уменьшается. Под действием импульса тока происходит ускоренное расплавление электрода, обеспечивающее

формирование капли на его конце. Резкое увеличение электродинамических сил сужает шейку капли и сбрасывает её в сварочную ванну.

Можно использовать одиночные импульсы или группу импульсов с одинаковыми или различными параметрами. В последнем случае первый или первые импульсы ускоряют расплавление электрода, а последующие сбрасывают каплю электродного металла в сварочную ванну. Устойчивость процесса зависит от соотношения основных параметров (величины и длительности импульсов и пауз). Соответствующим подбором тока основной дуги и импульса можно повысить скорость расплавления электродной проволоки, изменить форму и размеры шва, а также уменьшить нижний предел сварочного тока, обеспечивающий устойчивое горение дуги [4].

Таблица 13 – Оптимальные значения тока для мелкокапельного переноса электродного металла при сварке в смеси газов

Сварка	Диапазон рабочих токов, А при d_e		
	1.2мм	1.6мм	2.0мм
Со струйным переносом	>320	>360	>420
Импульснодуговая	80...240	140...380	210...440

Критерием оценки длительности импульсов тока, необходимой для отрыва капли, является понятие активной длительности импульса сварочного тока. Определение активной длительности импульса должно производиться при значении тока $I_{расч}$, т.е. $(0,83 - 0,77)I_{имп}$.

Активная длительность импульса тока синусоидальной формы составляет примерно 0,378...0,445 от полной длительности. В остальное время за счет импульса осуществляется дополнительный ввод тепла в электрод и изделие, что ухудшает качественные и энергетические показатели процесса.

Существенным недостатком импульсов тока синусоидальной и апериодической формы является малая крутизна фронта и среда импульса на рабочем участке, что при возмущениях приводит к нарушению стабильности переноса, так как значительно изменяется активная длительность импульса.

Оптимальной формой импульса является прямоугольная или близкая к ней. При такой форме импульса его энергия является минимальной по сравнению с другими формами импульса, что выгодно как с энергетической, так и качественной стороны. Стабильность переноса электродного металла при этом значительно выше, так как активная длительность импульса при воздействии возмущений изменяется несущественно.

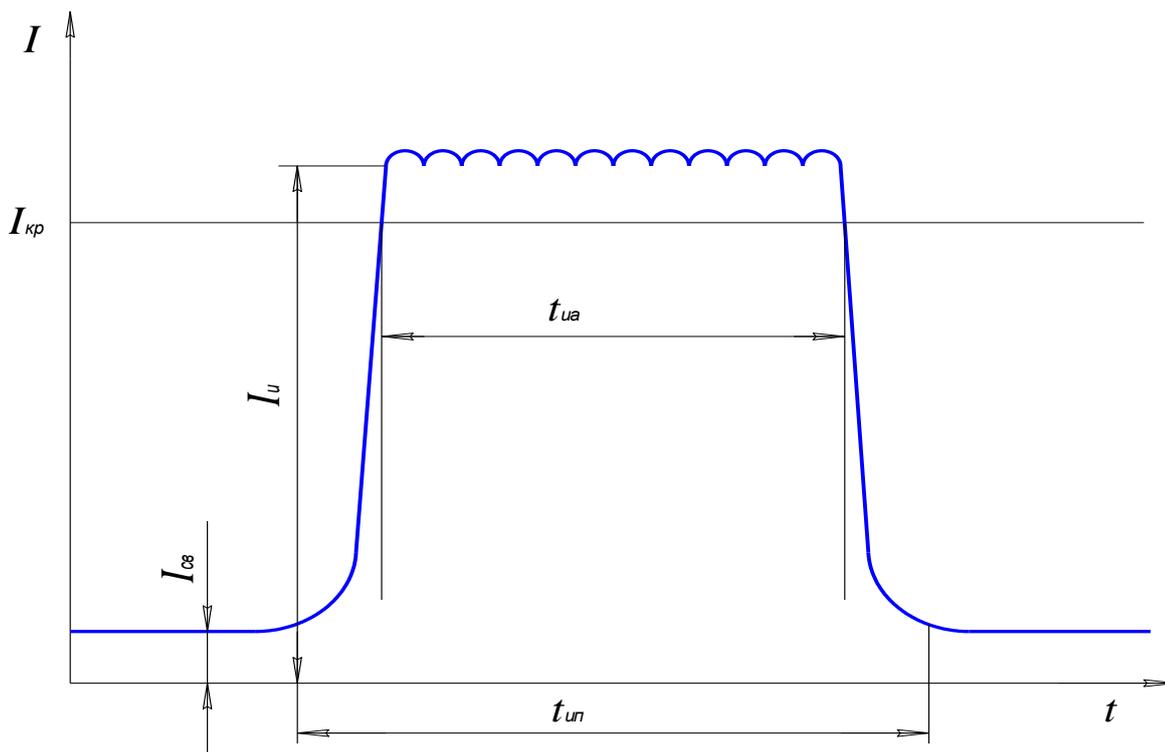


Рисунок 4 – Импульс прямоугольной формы

Генератор импульсов типа ГПИ – 2 предназначен для автоматической и механизированной сварки цветных и черных металлов в среде аргона плавящимся электродом в комплексе со стандартным источником питания. Наложение импульсов тока на сварочную дугу позволяет эффективно управлять переносом электродного металла в сварочную ванну во всех пространственных положениях.

Генератор питается от трехфазной сети переменного тока с напряжением 380В.

Первичный ток 10А.

Параметры импульсов:

- длительность импульсов 0,6...0,9мсек;
- частота следования импульсов 30...100Гц;
- амплитуда импульсов 300...1000А.

Генератор автоматически прекращает генерирование импульсов при отсутствии дуги. При правильном выборе параметров слышен равномерный устойчивый треск, свидетельствующий о переносе капель расплавленного металла импульсами в сварочную ванну.

3.2 Выбор сварочного оборудования

Полуавтомат сварочный ПДГО – 350сэ предназначен для дуговой сварки в среде защитных газов сплошной и порошковой проволокой в составе ВДУ – 350сэ. Вид климатического исполнения У3.1 по ГОСТ 15150.

Таблица 14 – Технические характеристики

	ПДГО – 350сэ
1. Номинальный сварочный ток, А.	ПВ 100% - 350А
2. Пределы регулирования сварочного тока, А.	25 – 350
3. Диаметр сплошной электродной проволоки, мм.	0,8 – 1,6
4. Скорость подачи электродной проволоки, м / мин.	10...18
5. Количество пар подающих роликов, шт.	1
6. Расход защитного газа, л / мин.	2...30
7. Напряжение питания, В.	
Механизм подачи	24;АС
Система управления	20;АС
8. Мощность двигателя механизма подачи, Вт.	65
9. Масса, кг.	9
10. Габаритные размеры, мм.	597×225×421
11. Кассета с проволокой (max): диаметр, мм.	300
масса, кг.	30

Сварочные горелки в комплекте с кабелем, предназначены для полуавтоматической сварки в защитных газах как сплошной, так и порошковой проволокой.

Рукоять горелки изготовлена из специального стекловолокна с выемками, не дающими скользить.

Кабель имеет небольшой вес и большую гибкость. Горелки Magnum оснащены разъемом „европейского” типа для подключения к механизму подачи, что не требует каких – либо приспособлений.

Конструкция сопла предполагает максимальный отбор тепла от газового диффузора, что способствует лучшему охлаждению контактного наконечника.

Таблица 15 – Технические характеристики

	Magnum 400	Magnum 500
Номинальный ток, А	400А при ПВ60%	550А при ПВ60%
Диаметр проволоки, мм	0,9 – 2,0	0,9 – 4,0
Стандартная длина кабеля, м	3.0;3.6;4.5;6.0;7.5	3.0; 3.6; 4.5; 7.5.
Евроразъем для подключения к механической подачи	+	+

4 Технология изготовления сварного изделия

Заготовительные операции

Днище верхнее изготавливается из стали XARDOX. Резка листовой стали XARDOX выполняется газовой резкой. Скорость резки – 150...700мм / мин. Зона теплового воздействия – 4,0...10мм. Допуск на размер ± 2 мм.

Разрезаемость стали зависит от содержания в ней углерода и легирующих элементов. Она оценивается по эквиваленту углерода по формуле;

$$C_e = C + 0,16Mn + 0,3(Si + Mo) + 0,4Cr + 0,2V + 0,4(Ni + Cu), \quad (19)$$

Величина углеродного эквивалента стали XARDOX составляет 0,26...0,37.

Таблица 16 – Предварительный подогрев перед газопламенной резкой

Марка	Толщина листа, мм	Температура подогрева, °С
XARDOX 400	40...59,9	100°
	60... 80	150°
	> 80	175°

Растрескивание по кромкам обреза связано с водородным растрескиванием. Подогрев можно выполнять посредством газопламенных горелок, электронагревательных матов, в печах.

Для избежания растрескивания по кромке обреза применяют низкую скорость резки если, нагрев невозможен. Независимо от того использовался подогрев или нет режим медленного охлаждения снижает опасность растрескивания по кромке обреза. Это достигается путем укладки вырезанной заготовки друг на друга сразу после резки и накрыванием их теплоизоляционным покрытием, пока они не остынут до температуры цеха.

Для раскроя листов XARDOX используем машину термической резки Одесса 2,5–2К–12. Программное управление машины позволяет получать

заготовки с максимальной точностью формы размеров и минимальным расходом металла на отходы.

При изготовлении нижнего днища для прямолинейной резки листового металла применяют ножницы гидравлические с наклонным ножом модели НА3725.

После резки для удаления с поверхности кромок окалины и шлаков – кромки зачищают. Для этого используют металлические скребки и пневматическую шлифовальную машинку МЗ ПСМ–ИП2014 ТУ22–166–13–88.

Правка листов производится для выпрямления заготовок, искривленных в процессе вырезки их газовым пламенем и на механических ножницах. Для правки применяют листоправ PRH – 500.

Заготовку для козырьков после правки отправляют на строжку для получения понижения на кромкострогальном станке модели 7814.

Технологический процесс сборки и сварки

Сборка и сварка рештака производится в заводских условиях сварщиками, требуемой квалификации и разряда.

Сборка производится следующим образом:

В приспособление 0840–5052 устанавливают по упорам боковины поз. 3 и 4 по 1 шт. Затем устанавливают днище поз. 5, выдержав размер 800 ± 2 и допуск перпендикулярности 3мм. Козырек поз.1 выставляют в размер 50.5 ± 0.5 по приспособлению 0840 – 5053. Козырек поз.2 выставляют в размер 52.5 ± 0.5 по приспособлению 0840 – 5054. Боковины к днищу и козырькам поджимают винтами и прихватывают, длина прихваток $20\div 30$ мм.

Для предотвращения поводок при сварке устанавливают распорки: две по торцам рештака, две на верхние полки боковин, длина прихваток 50мм.

На номерную бирку набивают номер и устанавливают ее на место, указанное в чертеже.

Качество сборки контролируется мастером ОТК в количестве 100%.

Для сварки рештак устанавливается на кантователь. Установленные детали приваривают, выдержав размеры и катеты сварных швов согласно

чертежу. При сварке раштак кантовать не менее 5 раз на 180° . При сварке шва С15 количество проходов должно быть не менее трех. Сварку следует производить с малым интервалом времени между наложением отдельных слоев с применением каскадного метода заполнения разделки или заполнения разделки горкой. Длина каждого участка должна быть не более 300мм. По окончании сварки выставить нижнее днище поз.6 согласно чертежу и прихватить, длина прихваток 20...30мм. Тавровые швы варить накладными швами. После сварки раштак снять с кантователя и отправить на слесарные работы.

Собственные напряжения различаются: по времени существования, по характеру распределения, по объему изделия и по направлению в пространстве. Напряжения подразделяют на временные и остаточные. Остаточные напряжения возникают вследствие неравномерного нагрева и вызывают пластические деформации и структурные превращения. Сварочные напряжения всегда являются объемными. Они часто достигают в отдельных участках сварного соединения предела текучести.

При статических нагрузках остаточные сварочные напряжения не влияют на прочность сварных соединений. Однако конструкции из высокопрочных сталей весьма чувствительны к наличию остаточных напряжений. Влияние остаточных напряжений на усталостную прочность увеличивается при наличии концентраторов напряжений в виде подрезов, непроваров и т. д.

Возникновение остаточных сварочных напряжений можно предотвратить снижением степени неравномерности нагрева изделия при сварке. Поэтому надо выбирать режим, обеспечивающий более равномерный нагрев изделия по сечению.

Деформации сварных конструкций можно подразделить на:

- продольное укорочение шва и околошовной зоны;
- поперечная усадка шва и околошовной зоны;

- скручивание, вследствие неодновременности наложения поясных швов, разной жесткости сечения по осям симметрии и наличия полей остаточных напряжений в элементах конструкции до сварки;

- угловые деформации, возникающие в результате поперечной усадки швов.

Мероприятия по уменьшению сварочных деформаций:

– конструктивные сечения сварных швов назначают минимальными по условиям прочности;

– швы необходимо располагать симметрично и возможно ближе к оси, проходящей через центр тяжести сечения, для уравнивания деформаций;

– в пространственно развитых конструкциях целесообразно применять вспомогательные элементы в виде ребер жесткости, диафрагм, косынок, распоров;

– предусматривать возможность использования зажимных сборочно–сварочных приспособлений; количество швов в конструкции должно быть по возможности минимальным.

- технологические меры – назначение оптимального режима сварки, с тем чтобы зона разогрева была минимальной; правильный порядок выполнения швов; при выполнении швов большой протяженности использовать обратно – ступенчатый способ сварки; применение способа обратных деформаций согласно [12].

Существующий уровень технологии и сварочного оборудования не может гарантировать полного отсутствия дефектов в сварных соединениях. Их возникновение связано с воздействием на процесс сварки различного рода случайных возмущений.

Для своевременного обнаружения и принятия технических и организационных мер по предупреждению дефектов необходим систематический контроль всех звеньев производства сварных узлов: в стадии проектирования конструкции; при выполнении операций, сопутствующих

сварке; собственно сварочных операций; сварочного оборудования, а также квалификации наладчиков и сварщиков.

Необходимым контролем сварных соединений является: визуальноизмерительный метод. Также обязательным является входной контроль сварочного оборудования и материалов согласно РД 34.10.127-94.

Контроль сварочного оборудования до начала эксплуатации:

- проверка эксплуатационной документации;
- проверка комплектности;
- визуальный контроль и метрологические проверки приборов оборудования контроля режимов сварки;
- проверка электрического сопротивления изоляции;
- проверка работоспособности на номинальных режимах.

Контроль в процессе эксплуатации: внешний осмотр для выявления повреждений наружных частей, электрических цепей, заземления, состояния приборов.

Входной контроль металла (труб, листов, профиля, проката) поступающего для изготовления сварной конструкции проводится в соответствие с ГОСТ 24297–87. Контроль включает в себя следующие проверки:

- наличие сертификата, полноты его данных и соответствие их стандартам;
- проверка наличия заводской маркировки и соответствия её сертификату;
- осмотр металла на наличие поверхностных дефектов и повреждений.

Перед использованием сварочной проволоки должны быть проверены:

- наличие сертификата, полнота приведённых в нём данных;
- наличие на каждом упаковочном месте (мотке, бухте и пр.) бирок с контролем указанных в них данных;

- целостность упаковок и самих материалов (на поверхности проволоки не должно быть окалины, ржавчины, следов смазки, задигов, вмятин и других дефектов и загрязнений).

Входной контроль защитного газа: наличие документа регламентированного стандартом на соответствующий газ.

Визуальноизмерительным контролем (ВИК) (проводится согласно РД 03–606–03) проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, качество выполнения швов в процессе сварки и качество готовых сварных швов. Обычно внешним осмотром контролируют все сварные изделия независимо от применения других видов контроля. Внешний осмотр во многих случаях достаточно информативен, наиболее дешёвый и оперативный метод контроля.

При осмотре готовых соединений, прежде всего, визуальным осмотром, невооружённым глазом или в лупу, проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натёков, непроваров у корня и кромок. Некоторые из указанных дефектов недопустимы и подлежат удалению и повторной заварке. При осмотре также определяют дефекты формы шва, характер распределения металла в усилении шва, величину проплавления.

Тщательный внешний осмотр – обычно весьма простая операция, тем не менее, может служить высокоэффективным средством предупреждения и обнаружения дефектов.

Дефекты, выявляемые при визуальном контроле сварных соединений:

- трещины всех видов и направлений;
- непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва;
- наплывы (натёки) и брызги металла;
- не заваренные кратеры;
- свищи;
- прожоги;
- скопления включений.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

5 Конструкторская часть

5.1 Приспособления для сборки рештака

Для сборки рештака используется приспособление ФЮРА 5052.00.00, которое обеспечивает точность геометрических размеров и надежно фиксирует детали до окончания сборки. Распорки 4 обеспечивают получение размера 800 ± 2 мм, боковины фиксируются финтами 5 и 6. Опоры поз. 8 обеспечивают установку верхнего днища поз. 3 в размер 170 ± 1 мм. Винты 7 регулируют высоту посадки боковин в размер 170мм.

Козырек поз. 1 выставляется в размер $50,5\pm 0,5$ мм при помощи приспособления ФЮРА 0840.50.53. Приспособление устанавливается на выступающий замок боковин и прижимается винтами поз. 6.

Козырек поз.2 выставляется в размер $52,2\pm 0,5$ мм при помощи приспособления ФЮРА 0840.50.54. Приспособление устанавливается во внутренние впадины замков боковин и прижимается винтами поз.7.

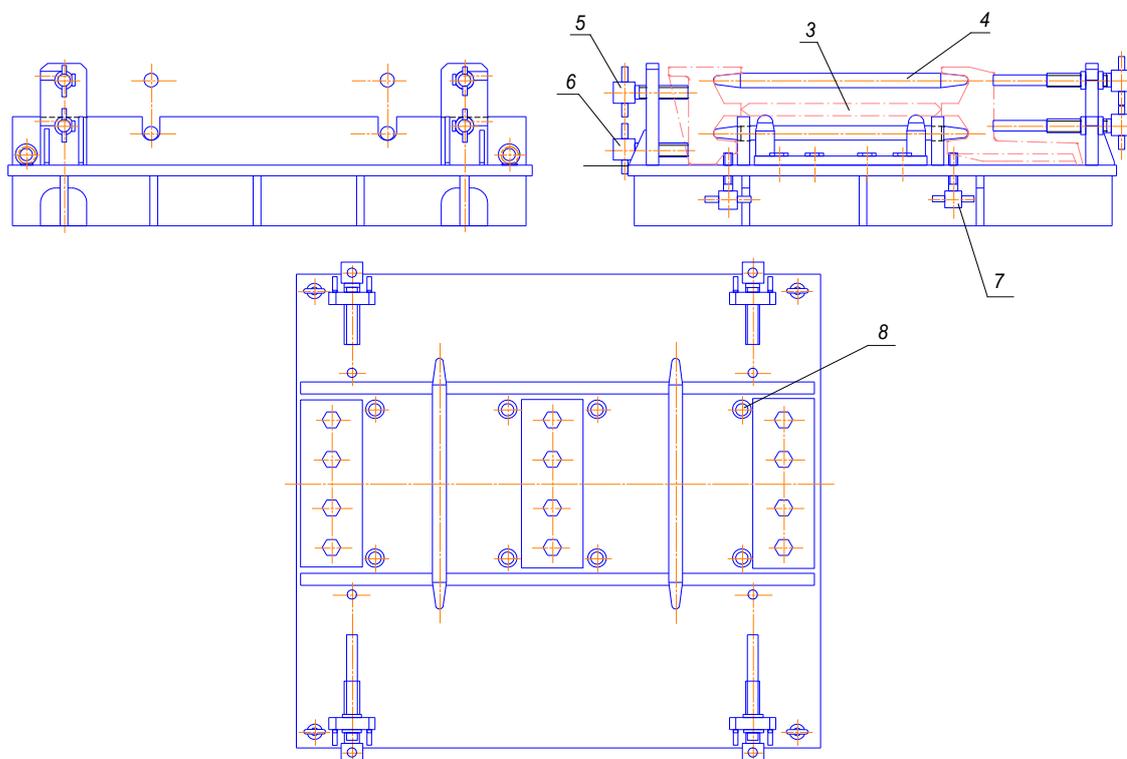


Рисунок 5 – Приспособление для сборки рештаков

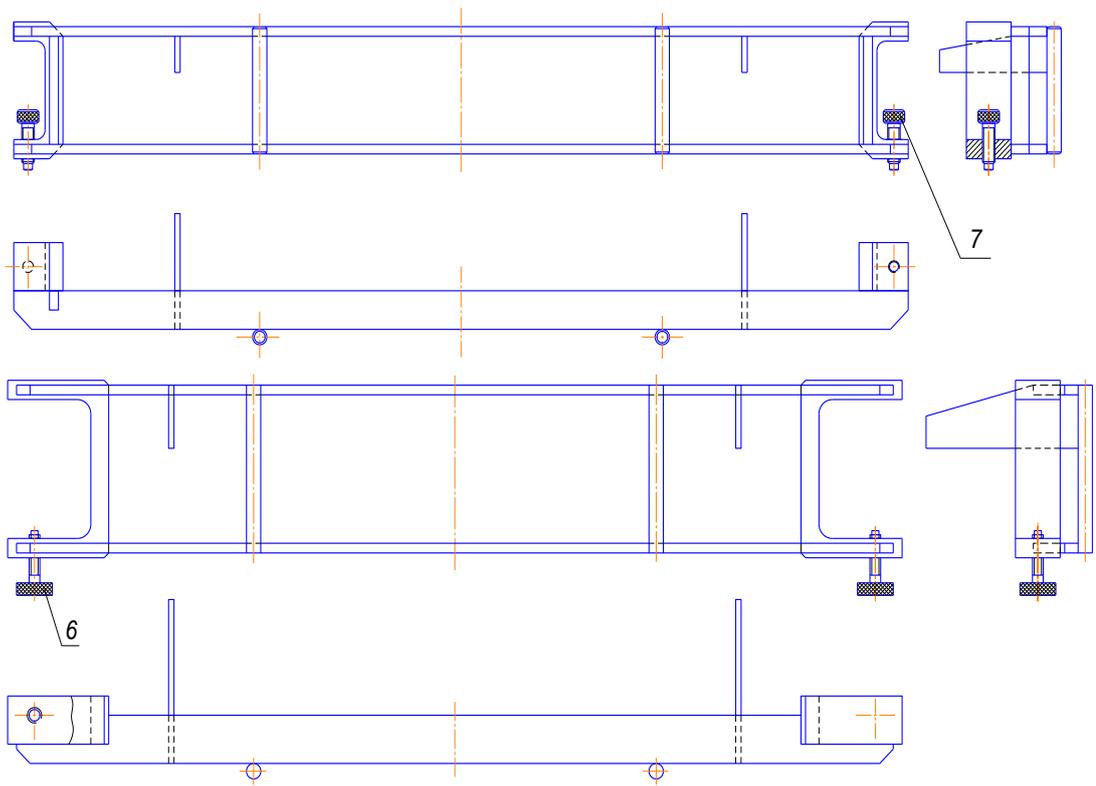


Рисунок 6 – Приспособления для установки козырьков

5.2 Кантователь для сварки рештака

Кантователь рештаков и навесного оборудования предназначен для вращения изделия в процессе сварки в разных плоскостях для удобства проведения сварки. Свариваемое изделие крепится на поворотную балку 1. Траверса 2 вращается со скоростью 5об/мин. Вращение относительно продольной и поперечной оси с фиксированием через 30° . Управление кнопочное. Грузоподъемность 2000кг.

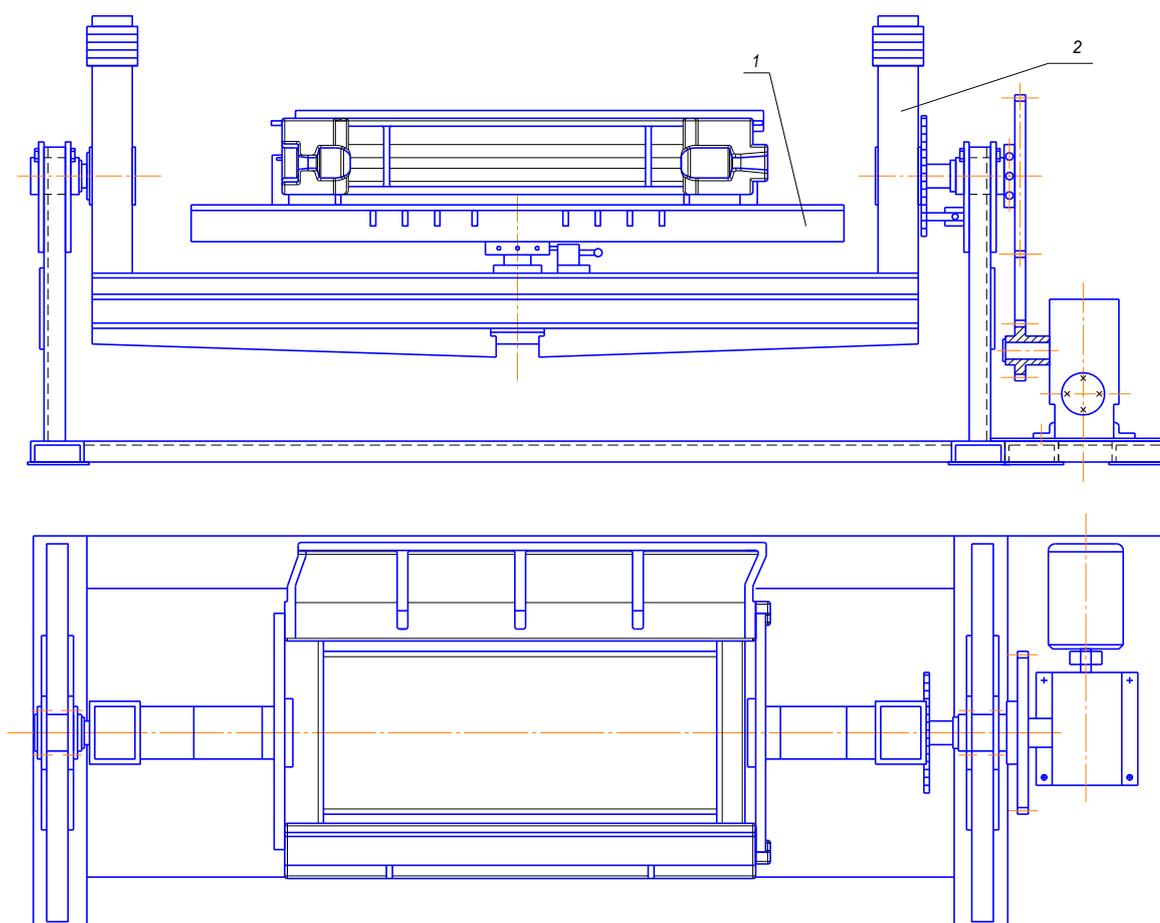


Рисунок 7 – Кантователь для сварки рештаков

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Ярушину Илье Александровичу

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение / ОТСП

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциалов потребителя результатов исследования, SWOT анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i>
2. <i>Планирование и формирование сметы исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета</i>

Перечень графического материала:

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.19
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок А.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Ярушин И.А.		

6.1 Потенциальные потребители разработки

Результаты исследования могут быть применены на объектах производства металлоконструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Данные стали используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции из низкоуглеродистых сплавов в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта представлена в таблице 17.

Таблица 17– Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль				
		Машиностроение	Приборостроение	Химическая		
Размер компании	Крупные					
	Средние					
	Мелкие					
Уровень потребления	Высокий					
	Средний					
	Низкий					
ПАО Сибур			Томский Электромеханический Завод имени В.В.Вахрушева		Завод «Сибкабель»	

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные компании машиностроительной отрасли с высоким уровнем потребления продукции из низкоуглеродистых сплавов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

6.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Помимо механизированной сварки в смеси газов O_2+CO_2 на переменном токе импульсной дугой разрешается применять ручную и автоматическую сварку на переменном токе без импульсного режима горения дуги в углекислом газе и смесях газов $Ar+CO_2$.

С помощью анализа конкурентных технических решений, проведем оценку сравнительной эффективности научной разработки и определим направление для ее реализации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [1]:

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (10)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	2	5	0,5	0,2	0,5
3. Энергоэкономичность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4. Качество сварного соединения	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
5. Надежность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							

Конкурентоспособность	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Цена	0,2	5	5	2	1	1	0,4
Квалифицированные кадры	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1				4,9	3,6	4,1

B_{ϕ} – механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде CO_2+O_2 .

B_{k1} – механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде CO_2 ;

B_{k2} – механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде $Ar+CO_2$.

Исходя из полученных данных, можно судить, что технология с применением механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде CO_2+O_2 , рассмотренная в дипломной работе, эффективнее, чем методы, применяемые конкурентами.

6.1.2 SWOT-анализ

В этом разделе необходимо выявить сильные и слабые стороны научного проекта, а также возможности и угрозы для его дальнейшей реализации.

Первый этап – опишем сильные и слабые стороны проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта

Второй этап – выявим соответствие сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Выявив соответствия сильных и слабых сторон работы внешним условиям окружающей среды, можно определить потребность в проведении стратегических изменений.

Третий этап – составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 19).

Таблица 19 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Актуальность проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Высокая стоимость оборудования Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1 -ускорение темпов разработки</p> <p>В1С2 – получение деталей с высокими эксплуатационными свойствами.</p> <p>В1С3 – получение качественных образцов</p> <p>В1С4 – интерес у многих компаний</p> <p>В2С1 – ускорение темпов разработки</p> <p>В2С3 – обеспечение качества</p> <p>В2С4 – высокий спрос на продукцию</p> <p>В3С1 – укрепление позиции на рынке, образование конкурентного преимущества</p> <p>В3С2 – поиск способов оптимизировать издержки</p> <p>В3С3 – снижение себестоимости</p>	<p>В1Сл1 – расширение линейки выпускаемой продукции</p> <p>В1Сл2 – аренда, а не покупка оборудования на первом этапе производства</p> <p>В2Сл1 - снижение цен на технологии</p> <p>механизированной сварки в среде защитных газов;</p> <p>В2Сл2 – максимальная загрузка оборудования для снижения себестоимости продукции</p> <p>В2Сл3 – повышение квалификации персонала, стажировки специалистов</p> <p>В3Сл1- сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.</p> <p>В3Сл3 – привлечение к проекту студентов старших курсов для стажировки</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>У1С1 – развитие дополнительных направлений</p> <p>У1С3 - появление расширенной линейки продукции</p> <p>У1С4- повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.</p> <p>У2С2– привлечение финансирования за счет хоз.договоров с заинтересованными в исследованиях предприятий</p> <p>У2С4 – поиск инвестиций у заинтересованных в разработке компаний</p>	<p>У1Сл1 - расширение области применения за счет развития новых технологий.</p> <p>У1Сл2 – поиск более дешевого аналогового оборудования отечественного производства</p> <p>У2Сл2 – аренда оборудования на первом этапе производства</p> <p>У2Сл3 – привлечение иногородних специалистов или выпускников ВУЗов</p>

Вывод

В результате проведенного SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, а реальных угроз, которые могут помешать реализации проекта выявлено не было, также возможности открывают хорошие перспективы для применения разработки в промышленности. Для продвижения технологии не

6.2 Планирование управления

В рамках планирования разработки необходимо построить линейный график выполнения проекта. Линейный график представляется в виде таблицы (таблица 20).

Таблица 20–Распределение этапов работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель,
			Студент
5	Календарное планирование работ	Научный руководитель,	
			Студент
Разработка технической документации и проектирование	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	

Продолжение таблицы 20

Практические исследования	9	Сварка контрольных образцов исследуемыми методами.	Студент
	10	Изучение результатов проведенной сварки	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель
			студент
	12	Выводы по разработанной технологии сборки и сварки рештака с литыми боковинами	Научный руководитель,
			студент

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Определение трудоемкости выполнения работ

Работа над ВКР проводилась с 11 Февраля 2019 года по 11 июня 2019 года. В итоге, при шестидневной рабочей неделе с учетом выходных и праздничных дней получается 91 рабочий день.

Трудоемкость работ определяется по сумме трудоемкости этапов работ, оцениваемых экспериментальным путем в человеко-днях. Она носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Поэтому для определения ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ используется метод вероятностных оценок длительности работ. Он основан на использовании трех оценок

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (11)$$

где t_{min} – кратчайшая продолжительность заданной работы (оптимистическая оценка),

t_{max} – самая большая продолжительность работы (пессимистическая оценка),

$t_{н.в.}$ – наиболее вероятная продолжительность работы.

Для оценки трудоемкости необходимо разработать перечень работ.

Выбор комплекса работ при разработке проекта производится в соответствии с ГОСТ 19.102-77 устанавливающего стадии разработки. Перечень комплекса работ приведен в таблице 21.

Таблица 21– Временные показатели проведения научного исследования

№	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в днях
			t_{\min}	t_{\max} x	$t_{\text{ож}}$	t_p
1	Составление и утверждение технического задания, выдача задания на тему, постановка задачи	Руководитель	0,5	0,5	0,5	0,5
2	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель	0,5	0,5	0,5	0,5
3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	7	14	9,8	10
4	Подбор нормативных документов	Руководитель	0,5	0,5	0,5	0,5
		Студент	4	8	5,6	6
5	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель	1	1	1	1
		Студент	1	1	1	1
6	Проведение экспериментов	Студент	14	18	15,6	16
7	Анализ полученных данных	Руководитель	0,5	0,5	0,5	0,5
		Студент	2	12	6	16
8	Разработка технологической документации	Студент	10	15	12	14
9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	5	8	6,2	7
10	Работа над выводом	Руководитель	0,5	0,5	0,5	0,5
		Студент	4	8	5,6	6
11	Составление пояснительной записки	Студент	7	9	7,8	8
12	Сдача и защита выпускной квалифицированной работы	Студент	4	8	5,6	6

На основании таблицы 21 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности (таблица 22).

Таблица 22 - Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февр.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания, выдача задания на тему, постановка задачи	Руководитель	0,5	▨												
2	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель	0,5	▨												
3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент	10	■												
4	Подбор нормативных документов	Руководитель Студент	0,5 6			▨										
5	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель Студент	1 1			▨										
6	Проведение экспериментов	Студент	16			■										
7	Анализ полученных данных	Руководитель Студент	0,5 16						▨							
8	Разработка технологической документации	Студент	12								■					
9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	7								■					
10	Работа над выводом	Руководитель Студент	0,5 6										▨			
11	Составление пояснительной записки	Студент	8											■		
12	Сдача и защита выпускной квалифицированной работы	Студент	6												■	

■ – студент; ▨ – руководитель.

6.3 Расчет норм времени

Задачей данного раздела является определение экономической целесообразности внедрения в процесс изготовления рештака механизированной сварки плавящимся электродом в среде смеси газов CO_2+O_2 взамен применяемой в настоящее время механизированной сварки в углекислом газе.

Несмотря на то что смесь CO_2+O_2 дороже чистого CO_2 , при выборе рациональной схемы снабжения предприятия смесью и с учетом затрат на зачистку металла от брызг, сварка в смеси CO_2+O_2 в ряде случаев оказывается дешевле сварки в чистом углекислом газе. Благодаря практически полному отсутствию разбрызгивания металла значительно снижается также трудоемкость зачистки изделий после сварки.

Таблица 23 – Режимы сварки сравниваемыми способами

Способы сварки	Электроды, марка, диаметр	Наплавляемая площадь, см^2	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Коэффициент наплавки $\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$
Сварка в CO_2	Св-08Г2С Ø1,6мм	226	320	28	8,23
Сварка в CO_2+O_2	Св-08Г2С Ø1,6мм	226	310	28	9,1

Нормирование—это определение времени на выполнение какого-либо процесса. Под технически обоснованной нормой времени понимается, установленное для определенных организационно-технических условий время на выполнение заданной работы, исходя из рационального использования средств производства и с учетом передового производственного опыта. Технически обоснованные нормы времени являются основой правильного решения вопросов разделения труда, организации и обслуживания рабочих мест, проектирования передовых методов труда, оценки его эффективности и организации систем материального стимулирования.

Состав и методика определения отдельных элементов норм времени зависит от видов операций, методов сварки, типа производства и других факторов. Так для дуговой сварки норма времени может быть определена по формуле:

$$t_{\text{ШК}} = \left[(t_0 + t_{\text{ВШ}}) \cdot l + t_{\text{Виз}} \right] \cdot k_{\text{Об}} + \frac{t_{\text{ПЗ}}}{n}, \quad (12)$$

где $t_{\text{ШК}}$ - норма штучно-калькуляционного времени, мин/изделие;

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

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

l - протяженность сварочного шва данного типоразмера, $l = 14,48\text{м}$;

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

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

$t_{\text{ПЗ}}$ - подготовительно-заключительное время, мин/партия;

n - размер партии свариваемых изделий.

Основное время на сварку рассчитывается в зависимости от метода сварки.

Для многопроходных швов основное время устанавливается по формуле:

$$t_0 = 60 \cdot \left(\frac{1}{g_{CB1}} + \frac{1}{g_{CB2}} + \dots + \frac{1}{g_{CBn}} \right), \text{ мин/м} \quad (13)$$

где g_{CB} - скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

для сварки в CO_2

$$t_0 = 48,8 \text{ мин/пог.м}$$

для сварки в смеси газов $\text{CO}_2 + \text{O}_2$

$$t_0 = 37,6 \text{ мин/пог.м}$$

Таблица 24 – Вспомогательное время, зависящее от длины шва

Элементы, зависящие от длины шва	CO ₂	CO ₂ +O ₂	Разница
Зачистка свариваемых кромок от налета ржавчины перед сваркой, мин/м	0,60	0,60	0
Переход сварщика после каждого прохода к началу шва, мин/м	0,15	0,15	0
Откусывание огарков проволоки, мин/м	1	1	0
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата, мин/м	0,10	0,10	0
Осмотр, промер шва, мин/м	0,20	0,20	0
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла, мин/м	1,30	0,4	0,9
Итого:	3,35	2,45	0,9

Вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа оборудования ($t_{виз}$):

Таблица 25 – Элементы, зависящие от изделия и типа сварочного оборудования

	CO ₂	CO ₂ +O ₂	Разница
Установка, поворот и снятие изделия краном или с помощью приспособлений, мин	4,0	4,0	0
Перемещение сварщика в процессе сварки многопроходных швов, мин	0,34	0,34	0
Крепление деталей прижимными приспособлениями и их открепление, мин	0,6	0,6	0
Итого:	4,94	4,94	0

Подготовительно – заключительное время ($t_{пз}$):

Таблица 26 – Подготовительно – заключительное время

Содержание работ	CO ₂	CO ₂ +O ₂	Разница
Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента, мин	6,0	6,0	0
Ознакомление с работой, мин	5,0	5,0	0
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов, мин	4,0	4,0	0
Установка, настройка и проверка режимов сварки, мин	3,0	3,0	0
Подготовка рабочего места и приспособлений к работе, мин	7,0	7,0	0
Сдача работы, мин	3,0	3,0	0
Итого:	28	28	0

Тогда норма штучно – калькуляционного времени для сварки в среде углекислого газа:

$$t_{шк.} = [(48,8+3,35) \cdot 14,48 + 4,94] \cdot 1,12 + 28/1 = 879,2 \text{ мин} = 14,65 \text{ час.}$$

Норма штучно – калькуляционного времени для сварки в смеси газов:

$$t_{шк.} = [(37,6+2,45) \cdot 14,48 + 4,94] \cdot 1,12 + 28/1 = 683,0 \text{ мин} = 11,38 \text{ час.}$$

6.4 Экономическая оценка сравниваемых процессов сварки

6.4.1 Определение затрат на сварочные материалы

а) затраты на сварочную проволоку ($C_{см}$):

$$C_{см} = g_{н.м.} \cdot K_n \cdot Ц_{см}, \quad (14)$$

где $g_{н.м.}$ – масса наплавленного металла, кг/изд.;

K_n – коэффициент, учитывающий отношение веса проволоки к весу наплавленного металла;

$Ц_{см}$ – цена сварочной проволоки, 45руб/кг.

$$g_{н.м.} = l \cdot F \cdot \gamma / 1000 \quad (15)$$

где l – длина сварного шва, $l = 14,48$ м;

F – площадь поперечного сечения шва, $F = 226$ мм²

γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

Для сварки в CO₂:

$$g_{н.м.} = 14,48 \cdot 226 \cdot 7,8 = 25,5 \text{ кг}$$

$$C_{см} = 25,5 \cdot 1,12 \cdot 45 = 1285,2 \text{ руб}$$

Для сварки в смеси Ar + CO₂:

$$g_{н.м.} = 14,48 \cdot 226 \cdot 7,8 = 25,5 \text{ кг}$$

$$C_{см} = 25,5 \cdot 1,024 \cdot 45 = 1175 \text{ руб}$$

б) затраты на защитный газ CO₂

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot Ц_{газ} \quad (16)$$

где $g_{газ}$ – норма расхода газа, $g_{газ} = 12$ л/мин;

t_0 – основное время на сварку, $t_0 = 48,8$ мин/м;

$Ц_{газ}$ – цена за единицу газа, $Ц_{газ} = 0,036$ руб/л;

l – длина сварного шва, $l = 14,48$ м

$$C_{газ} = 12 \cdot 48,8 \cdot 14,48 \cdot 0,036 = 305,3 \text{ руб}$$

в) затраты на смесь газов CO₂+O₂

$$C_{газ} = 12 \cdot 37,6 \cdot 14,48 \cdot 0,071 = 463,8 \text{ руб}$$

6.4.2 Затраты на заработную плату производственных рабочих

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}; \quad (17)$$

где $C_{мз}$ – месячная зарплата сварщика, $C_{мз}=15000$ руб;

$t_{шк}$ – норма штучно – калькуляционного времени на выполнение операции, мин/изд.

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

$$F_{мр} = 170 \text{ часов/месяц}$$

Тогда для сварки в CO_2 :

$$C_3 = \frac{15000 \cdot 879,2}{170 \cdot 60} = 1292,94 \text{ руб/изд}$$

Для сварки в смеси CO_2+O_2 :

$$C_3 = \frac{15000 \cdot 683}{170 \cdot 60} = 1004,41 \text{ руб/изд}$$

Затраты на дополнительную заработную плату:

$$C_{дз} = 0,13 \cdot C_3$$

а) для сварки в углекислом газе

$$C_{дз} = 0,13 \cdot 1292,94 = 168,08 \text{ руб.}$$

б) для сварки в смеси CO_2+O_2

$$C_{дз} = 0,13 \cdot 1004,41 = 130,57 \text{ руб.}$$

6.4.3 Отчисления на социальные нужды

$$C_{отч} = k_{отч} \cdot C_3; \quad (18)$$

где $k_{отч}$ = процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы ($k_{отч} = 30\%$).

Для сварки в CO_2 :

$$C_{отч} = (1292,94 + 168,08) \cdot 0,30 = 438,3 \text{ руб/изд}$$

Для сварки в смеси CO_2+O_2 :

$$C_{отч} = (1004,41+130,57) \cdot 0,30 = 340,5 \text{ руб/изд}$$

6.4.4 Затраты на электроэнергию

Для дуговых методов сварки затраты электроэнергии рассчитывают по формуле:

$$C_{э} = \frac{U \cdot I \cdot t_0 \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot Ц_{эл}, \quad (19)$$

где U - напряжение, В;

I - сила тока, А;

t_0 - основное время сварки, мин/м;

l - длина сварного шва, м/изд;

η - коэффициент полезного действия источника питания (берется по паспорту);

$Ц_{эл}$ - стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Таблица 27 – Расчет затрат на электроэнергию

	CO ₂	CO ₂ +O ₂
Сварочный ток I , А	320	320
Напряжение U , В	28	28
Время сварки t_0 , мин/изд	48,8	37,65
Коэффициент полезного действия η	0,7	0,85
Цена за 1 киловатт электроэнергии $Ц_{эл}$, кВт /ч	2,90	2,90
Затраты на электроэнергию $C_{э}$, руб/изд	437,2	268,7

Тогда для сварки в среде углекислого газа:

$$C_{э} = \frac{28 \cdot 320 \cdot 48,8 \cdot 14,48}{60 \cdot 0,7 \cdot 1000} \cdot 2,9 = 437,2 \text{ руб/изд}$$

Для механизированной сварки в смеси CO₂+O₂:

$$C_{э} = \frac{28 \cdot 310 \cdot 37,6 \cdot 14,48}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 2,9 = 268,7 \text{ руб/изд}$$

Большие затраты при сварке в CO₂ объясняются тем, что требуется большее основное время.

6.4.5 Затраты на ремонт оборудования

Данные затраты рассчитываем по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{\text{рем}} \cdot t_{\text{ук}}}{F_{\text{ГО}} \cdot k_3 \cdot 60}, \text{ руб/изд}, \quad (20)$$

где $k_{\text{рем}}$ - коэффициент, учитывающий затраты на

ремонт ($k_{\text{рем}} \approx 0,20 - 0,30$);

$F_{\text{ГО}}$ - годовой фонд времени работы оборудования, часы ($F_{\text{ГО}} \approx 2000$ часов/год);

k_3 - коэффициент, учитывающий загрузку оборудования;

Π_j - цена оборудования соответствующего вида (источники питания, приспособления, сварочные аппараты и пр.).

Для сварки в CO_2 :

Таблица 28 – Цены на оборудование для механизированной сварки

Наименование	Цена, руб.
Сварочный выпрямитель ВДУ – 506 УЗ	56600
Полуавтомат ПДГ-508 УЗ	38600
Редуктор для углекислоты У – 30П	1500
Баллон для углекислоты	8860
Итого:	105560

$$C_p = \frac{105560 \cdot 0,3 \cdot 879,2}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 290 \text{ руб/изд}$$

Для сварки в смеси CO₂+O₂:

Таблица 29 – Цены на оборудование для сварки в смеси газов

Наименование	Цена, руб.
Сварочный выпрямитель ВДУ-350сэ	53600
ИРС	30000
Полуавтомат ПДГО-350сэ	23400
Редуктор	735
Баллон для смеси CO ₂ +O ₂	8860
Итого:	116595

$$C_p = \frac{116595 \cdot 0,3 \cdot 683}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 248,8 \text{руб/изд}$$

Общие результаты представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Общие результаты расчета затрат

Наименование	CO ₂	CO ₂ +O ₂	Разница, руб.
Сварочные материалы	1285,2	1175	110,2
Затраты на газ	305,3	463,8	- 158,5
Основная зарплата	1292,94	1004,41	288,53
Дополнительная зарплата	168,08	130,57	37,51
Социальные нужды	438,3	340,5	97,8
Электроэнергия	437,2	268,7	168,5
Ремонт	290	248,8	41,2
Итого, руб.	4 217,02	3631,78	585,24

Механизированная сварка в углекислом газе незначительно, но проигрывает механизированной сварке в смеси газов (углекислоты и кислорода), экономия затрат составит 585,24 руб/изд.

6.5 Определение ресурсной финансовой и бюджетной эффективности исследования

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

Интегральный показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^i = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (21)$$

Для сварки в CO₂

$$I_{\text{финр}}^1 = \frac{4217,2}{4217,2} = 1$$

Для сварки в CO₂+O₂

$$I_{\text{финр}}^2 = \frac{3631,78}{4217,2} = 0,86$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом [4]:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (22)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже. В текущем исследовании

применялась механизированная сварка в среде CO₂+O₂. В качестве аналога рассмотрим механизированную сварку в среде CO₂

Таблица 31 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	CO ₂	CO ₂ +O ₂
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0.4	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0.1	3	4
3. Энергосбережение	0.15	3	4
4. Безопасность	0.15	4	5
5. Стоимость эксперимента	0.2	3	3
Итого	1		

По формуле 22 и данным таблицы 31 рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности.

$$I_{p1} = 0.4 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 = 3,55;$$

$$I_{p2} = 0.4 \cdot 5 + 0.1 \cdot 4 + 0.15 \cdot 4 + 0.15 \cdot 5 + 0.2 \cdot 3 = 4,35;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_i = \frac{I_{pi}}{I_{финр}^i}$$

Для сварки в CO₂

$$I_1 = \frac{3,55}{1} = 3,55$$

Для сварки в CO₂+O₂

$$I_2 = \frac{4,35}{0,86} = 5,06$$

Таблица 32 – сравнительная эффективность разработки

Критерии	CO ₂	CO ₂ +O ₂
1.Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,86
2.Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	4,35
3.Интегральный показатель эффективности	3,55	5,06
4.Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,7	1,4

Из таблицы видно, что механизированная сварка в среде CO₂+O₂ является более эффективной по сравнению с другими способами сварки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
	Ярушину Илье Александровичу

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования.	Объектом исследования является внедрение в процесс изготовления рештака механизированной сварки плавящимся электродом в среде смеси газов CO ₂ + O ₂ , взамен применяемой в настоящее время механизированной сварки в углекислом газе.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов, возникающих в процессе сварки в среде защитных газов. Разработка мероприятий по снижению вредных и опасных факторов: – повышенный уровень шума на рабочем месте. – запыленность и загазованность воздуха; – повышенная температура поверхностей оборудования; – неудовлетворительный микроклимат; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – электроопасность; – брызги расплавленного металла и искры;
3. Экологическая безопасность	Анализ воздействия объекта на: – Атмосферу (выбросы): воздействие на атмосферный воздух сварочных аэрозолей и газов; – Литосферу (отходы): металлическая стружка при зачистке электродов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. – Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
	Ярушин И.А.		

7 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа по теме «систематизация и внедрение более эффективных способов сварки» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники кафедры ОиТСП ИНК ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут машиностроительные предприятия.

Задачей данного раздела является определение экономической целесообразности внедрения в процесс изготовления рештака механизированной сварки плавящимся электродом в среде смеси газов $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ взамен применяемой в настоящее время механизированной сварки в углекислом газе.

В данном разделе ВКР проанализированы основные аспекты социальной ответственности, необходимые в ходе исследования (экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека и окружающей среде, чрезвычайные ситуации, правовые нормы и др.).

7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник аудитории 243, 8 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

7.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Научно-исследовательская работа выполнялась в лаборатории сварки НИТПУ. Помещение лаборатории оборудовано местной вытяжной вентиляцией воздуха и расположено на 1 этаже 3 этажного производственного корпуса. В помещении размещено оборудование для ручной и механизированной сварки с вреде защитного газа. Площадь лаборатории составляет 52 м² и в ней размещено 4 рабочих места. В соответствии с [6], помещения в которых производятся исследования сварочных процессов относятся к категории Г, так как в них могут находиться негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и горючие газы, которые сжигаются в качестве топлива. Для предотвращения возникновения ЧС в помещении установлено два огнетушителя и изображен план эвакуации из здания.

7.2. Производственная безопасность

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

Таблица 33 – Опасные и вредные факторы при сварке в защитном газе

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Подготовка образцов к сварке; 2) Сварка образцов; 3) Проведение анализа сварного соединения.	повышенный уровень шума на рабочем месте. запыленность и загазованность воздуха; повышенная температура поверхностей оборудования; неудовлетворительный микроклимат; недостаточная освещенность рабочей зоны; брызги расплавленного металла и искры;	1. Поражение электрическим током. 2. взрывопожароопасность	СанПиН 2.2.4.548-96 [6] ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ [7] ГОСТ 12.1.035–81 ССБТ [8] ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ [9] СНиП 23-05-2010[10] ГОСТ 12.1.019–79[11] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [12]

Микроклимат

Таблица 34 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [7]

Период Года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодные	1б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1

й					
Теплый	1б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл.2. Микроклимат в помещении соответствует [22].

Шум.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для контактной сварки изложены в [8]. 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 –шумы при горении дуги во время сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 80 дБ [9].

Освещение.

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах составляет 200 лк [10].

Освещение осуществляется светильниками общего и местного освещения. Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры.

Отклонение освещенности от нормы может быть вызвано ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не

правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной нагрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человеком технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.

Наиболее характерным вредным фактором практически для всех способов сварки является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей, содержащие токсичные вещества. Причиной образования сварочных аэрозолей и вредных веществ в процессе сварки могут быть наличие масла и антикоррозионного покрытия на поверхности свариваемых деталей. При сварке деталей из цветных металлов также выделяются вредные вещества.

Токсичные включения, входящие в состав сварочного аэрозоля, и вредные газы при их попадании в организм человека через дыхательные пути могут оказывать на него неблагоприятное воздействие и вызывать ряд профзаболеваний. Мелкие частицы пыли (от 2 до 5 мкм), проникающие глубоко в дыхательные пути, представляют наибольшую опасность для здоровья, пылинки размером до 10 мкм и более задерживаются в бронхах, также вызывая их заболевания.

В процессе исследования механизированной сварки в среде защитного газа могут выделяться вредные вещества и их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, в зависимости от химического состава материала образцов и электродов, которые указаны в таблице 39 [11].

Таблица 35 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности
Алюминий и его сплавы	2	А	III
Бериллий и его соединения	0,001	А	I
Ванадий и его соединения	0,1/0,5	А	I
Вольфрам	6	А	IV
Железа оксид с примесью оксидов марганца (до 3%)	6	А	IV
Кадмия оксид	0,1/0,03	А	I
Кобальт металлический, оксид кобальта	0,5	А	II
Марганец (до 20% в сварочном аэрозоле)	0,2	А	II
Медь металлическая	1/0,5	А	II
Молибден	3/05	А	III
Титан	10	А	IV
Торий	0,05	А	I
Цинк оксид	0,5	А	II
Хрома оксид	1	А	III

Примечания: ПДК для атмосферного воздуха, указанные в числителе, являются максимально разовыми, а в знаменателе и без дроби - среднесуточными. 2. II - пары и/или газы; А - аэрозоли.

Для эффективного улавливания сварочного аэрозоля при работе в помещении кроме общей приточной вытяжной вентиляции рекомендуется и местная вентиляция. Кроме этого в качестве индивидуальной защиты применяют фильтрующие противопылевые респираторы.

Ультрафиолетовое излучение

Основным источником ультрафиолетового излучения на рабочем месте является сварочная дуга. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию.

Опасным фактором, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека в процессе сварки, являются искры и брызги расплавленного металла из зоны сварки. Это явление также может быть причиной местных ожогов.

7.2.2. Мероприятия по устранению опасных и вредных факторов

Мероприятия по обеспечению оптимального микроклимата

Для того чтобы создать необходимые метеорологические условия рабочей зоны и предотвратить различные переохлаждения и перегревания организма в небольших помещениях устанавливают кондиционеры. С помощью кондиционирования воздуха в закрытых помещениях можно поддерживать необходимую температуру, а также скорость движения воздуха.

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года [22].

Мероприятия по обеспечению требований норм шума

Для снижения шума в помещениях используют средства звукоизоляции и звукопоглощения, устанавливают глушители шума и рационально продумывают технологию производства с использованием малошумных технологических процессов. Также в качестве индивидуальных средств защиты от шума применяют различные противозумные наушники, вкладыши, шлемы, каски и костюмы.

В лаборатории, которой ведутся сварочные работы, главным источником шума является источник питания, который по характеру спектра является широкополосным.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) изоляции источников шумов;
- 2) проведение акустической обработки помещения;
- 3) создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок [22];

Мероприятия по обеспечению требований норм освещенности

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Мероприятия по обеспечению требований норм концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

При выполнении сварочных работ по изготовлению рештака в результате выгорания элементов легирования повышается загазованность рабочего места для предотвращения этого необходимо устанавливать устройства вытяжной вентиляции в зоне дыхания сварщика. Выбрасывать воздух нужно за пределы рабочих зон. Для удаления газов и пыли применяется как местная вентиляция рабочего места, так и приточно-вытяжная вентиляция всего помещения. Приточный воздух должен поступать рассеяно в рабочую зону помещений, а также там, где вытяжная вентиляция осуществляется посредством местных отсосов. Скорость движения воздуха на рабочих местах должна быть не более 0.3 м/с согласно [11], [22].

Мероприятия по обеспечению требований норм ультрафиолетового излучения

Согласно нормам [13] устанавливаются временные допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах от производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- длинноволновой – 400-315 нм – УФ-А;
- средневолновой – 315-200 нм – УФ-В;
- коротковолновой – 280-200 нм – УФ-С

Допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ и периода до пяти минут, длительности пауз между ними не менее 30 минут и общей продолжительности воздействия за смену до 60 минут не должна превышать:

- 50 Вт/м^2 – для области УФ-А;
- $0,05 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-В;
- $0,001 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-С;

Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более $0,2 \text{ м}^2$ (лицо, шея, кисти рук и так далее), общей продолжительности воздействия излучения, равной 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше пяти минут и более не должна превышать:

- 10 Вт/м^2 – для области УФ-А;
- $0,01 \text{ Вт/м}^2$ – для области УФ-В;

Излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и тому подобное), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200-315 нм) не должна превышать 1 Вт/м^2 .

В случае превышения допустимых интенсивностей облучения должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения (экранирование), а также по дополнительной защите кожных покровов работающих [22].

Мероприятия по обеспечению требований норм электробезопасности

Причинами электротравматизма на производстве является непосредственный контакт с токоведущими частями оборудования, высокие напряжения, работа с металлоконструкциями и так далее. Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения, что достигается изоляцией токоведущих частей;

- устранение опасности поражения при появлении напряжения в корпусе, кожухе и других частях машины для дуговой сварки плавлением, что достигается использованием двойной изоляции, а также применением защитного заземления;

- работа без заземления корпуса категорически запрещается. Во время работы необходимо систематически проверять надежность заземления. Для быстрого отключения от сети необходимо обеспечить легкий доступ к рубильникам, кнопкам и другим отключающим устройствам.

Все оборудование сварочных цехов и участков должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) и действующим ГОСТ 12.1.007.0–75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электрическое. Общие требования безопасности.» и ГОСТ 12.2.007.8–75 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование электросварочное и для плазменной обработки. Требования безопасности», а его эксплуатация – «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Кроме того, следует выполнять указания по эксплуатации и

безопасному обслуживанию электросварочных установок, имеющих в инструкциях заводов изготовителей.

Обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение. Каждый работник обязан знать, как оказать первую помощь пострадавшему от действия электрического тока.

Мероприятия по обеспечению требований норм защиты брызг и расплавленного металла

Для предохранения тела от ожогов основной защитой является использование специальной одежды и обуви. Костюм и рукавицы должны быть исправными. Костюм одевается с напуском брюк на обувь, чтобы не оставалось незащищенных частей тела. Наиболее подходящей обувью являются ботинки без шнурков с гладким верхом и застежкой сзади либо с резиновыми растягивающими боковинами. Пользование рукавицами предохраняет руки одновременно от ожогов и от порезов об острые кромки металла. В качестве защитных средств от действия излучения дуги, кроме спецодежды, используются маска или шлем. Глаза защищаются от излучения специальными темными стеклами, светофильтрами, вставленными в щиток или шлем, которым сварщик защищает лицо во время сварочных работ [16].

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно [22] микроклимат аудитории 243, 8 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

7.3 Экологическая безопасность

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

7.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

При проведении исследований сварочных процессов загрязнение окружающей среды происходит за счет выбросов в атмосферу, не уловленной фильтрацией пыли, газов и других сварочных аэрозолей, а также образования твёрдых отходов (огарки электродов, спёкшийся флюс и так далее).

Воздушная среда помещений загрязняется сварочными аэрозолями, в состав которых могут входить оксиды марганца, хрома, цинка и кремния, фтористые и другие соединения, а также газы (оксиды углерода, азота и т.п.). Эти вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. В связи с этим необходимо проводить мероприятия по очистке вредных выбросов, например, устанавливать очистные фильтры на выходе воздуховода, что значительно снизит количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

В качестве фильтров, применяемых для осуществления местной вентиляции, рекомендуется использовать «сухие» пористые фильтры так называемые рукавные фильтры ФРКИ. Степень очистки газов в них при соблюдении правил технической эксплуатации достигает 99,9% [17].

К твердым отходам, образующимся при проведении исследований в сварочном производстве можно отнести уже отработанные образцы, обрезки металла, используемого для их изготовления, металлическая стружка от электродов и прочие. Отходы собираются в мусоросборники и контейнеры, которые по мере заполнения удаляются из помещений в специально отведенные места. Вывозят отходы, как правило на специально выделенные места захоронения или на общие свалки [18].

Использование вторичных сырьевых ресурсов и отходов производства - одно из важнейших направлений повышения эффективности производства. Является необходимым условием снижения уровня промышленного загрязнения окружающей среды.

Существует два пути утилизации металлических отходов: без переплава и с переплавом. В соответствии с этим отходы можно подразделить на следующие две основные группы: деловые (кусковые) отходы сортового и листового проката, используемые для изготовления новых образцов или предназначенные для передачи другим предприятиям; металлолом и стружка.

Очевидно, что утилизация отходов без переплава является более рациональной, поскольку в этом случае отпадает необходимость в их переработке, связанной с большими энергозатратами и отрицательно воздействующей на окружающую среду.

Переработка металлических отходов с переплавом является основным путем их утилизации. Выплавка вторичных металлов из скрапа - амортизационного лома, т.е. металлолома, получаемого от амортизации и морального износа металлических конструкций, машин и т.д., и производственных отходов (обрезков, стружки и т.п.) представляет собой самую крупную сферу потребления, твердых отходов в промышленности [18].

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, отчистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение механизированной сварки в среде защитного газа в автомобилестроении значительно упрощает процесс изготовления и ремонта деталей машин. Применение механизированной сварки значительно сокращает время изготовления деталей.

При написании дипломного проекта были следующие отходы: использованная бумага и шариковые ручки, которые в ходе их непригодности выкидывались в мусорное ведро, а затем и в мусорный контейнер. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, радиационного

заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);
4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как объект исследований представляет из себя сварочную установку, которая отличается повышенной пожарной опасностью. Она состоит из полуавтомата ПДГО, оборудования для газовой защиты, приспособления для наплавки автосцепного устройства. В ходе работы установки есть вероятность выхода из строя системы охлаждения, что может привести к пожару и даже взрыву. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности.

- Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости 16 корпуса должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

- Помещение должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении сварочного цеха организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров.

- Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

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

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 120, 16 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- 1) Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.

- 2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 120, 16 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 36 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проведения сварочных работ, относится к типу «Г».

Таблица 37 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г	В них могут находиться негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и горючие газы, которые сжигаются в качестве топлива.

В 16 корпусе ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

План эвакуации людей из лаборатории производственного корпуса показан на рисунке 8.

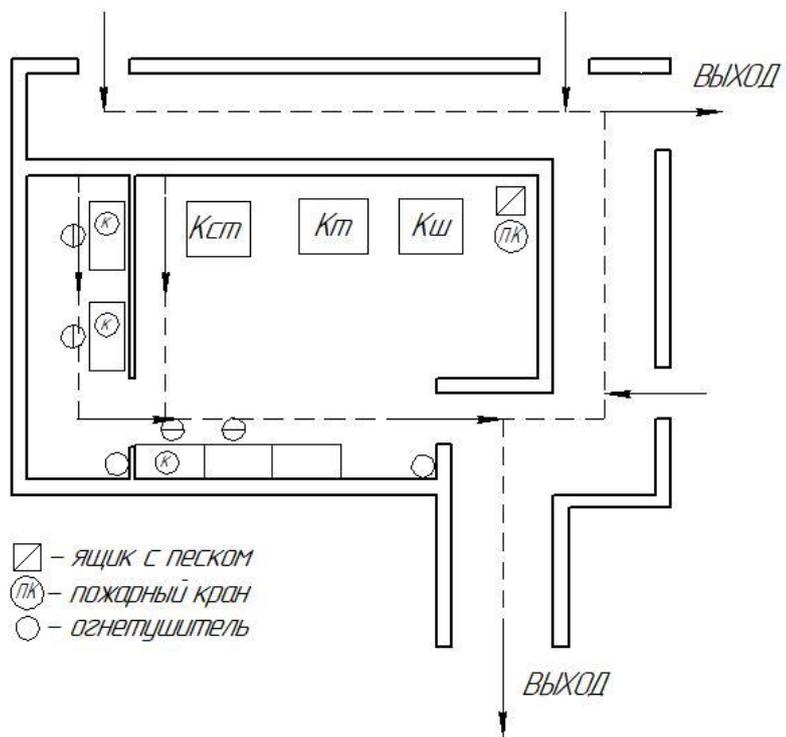


Рисунок 8 – План эвакуации людей при пожаре

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее: проанализирована сварная конструкция, проанализированы способы сварки и сварочные материалы, разработана технология сборки и сварки рештака.

Расчеты параметров режима сварки, а также экономический расчет доказывают, что применение смеси защитного газа углекислоты и кислорода для дуговой сварки плавящимся электродом позволяет уменьшить разбрызгивание металла, увеличить производительность сварки и уменьшить стоимость изготовления изделия.

Список используемой литературы:

1. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Редкол.: Г.А. Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1978 – т.2 – 462с.
2. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. Под редакцией А.И. Акулова, М.Машиностроение. 2003г – 558с.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974. – 240
4. Расчет режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов. / Составитель Е.А. Трущенко – ч. 1 – Томск: ТПУ, 2005. – 27с.
5. Малышев Б.Д. Сварка и резка в промышленном строительстве, т.2. - М. Стройиздат, 1989. – 400
6. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
7. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
8. ГОСТ 12.1.035–81. ССБТ. Оборудование для механизированной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений.
9. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
10. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
11. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
12. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
13. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

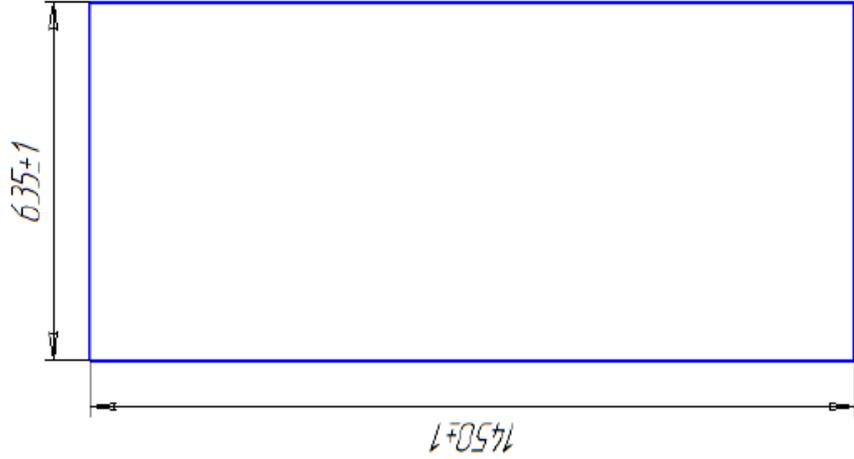
14. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
15. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. М.: Энергия, 1990. – с.336.
16. ГОСТ 12.4.250-2013. ССБТ. Одежда специальная от искр и брызг расплавленного металла.
17. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных работах. – Москва: 1985 – 98с.
18. Ансеров Ю.М., Дурнев В.Д. Машиностроение и охрана окружающей среды. - Ленинград: Машиностроение, 1989. - 224 с
19. ГОСТ 12.1.004–76. Пожарная безопасность.
20. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Общие требования.
21. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф.Козьяков. Высш.шк., 1999.-448 с.: ил.
22. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.

Приложение А
(основное)

Комплект технологической документации на изготовление рештака А3480ТАГ

Дубл.									
Взам.									
Подл.									

Разраб.	Ярушин И.А.	ИШНҚБ ТПУ	ФЮРА.02000.00000	3	1
Н.контр.	Князьков А.Ф.	Рештак А3480ТАГ	ФЮРА.20000.00002	У	005



КЭ Карта эскизов

