

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт  
Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»  
Кафедра «Сварочное производство»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>Влияние параметров динамики защитного газа на формирование сварных швов</b>

УДК 621.791.053:621.791.754"29

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Сапожков А.С.		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель директора по научной работе	Чинахов Д.А.	К.т.н., доцент		

**Нормоконтроль**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Специалист по УМР	Павлов Н.В.	-		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Экономист ООО «ПроСнаб»	Шиков В.П.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	К.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С.Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и техно-логическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метро- логическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на пред- приятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 10А32

Руководитель ВКР

Сапожков А.С.

Чинахов Д.А.



Институт Юргинский технологический институт  
 Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного  
 производства»  
 Кафедра «Сварочное производство»

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
С.Б. Сапожков  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:  
 Бакалаврская работа  
 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

<b>Студенту:</b>	<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
	10А32	Сапожкову Андрею Сергеевичу

Тема работы:  
 Влияние параметров динамики защитного газа на формирование сварных швов  
 Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер) от 30.01.2017г. №14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<b>Материалы преддипломной практики</b>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Результаты проведенного исследования.</li> <li>4. Социальная ответственность.</li> </ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Цели и задачи, экспериментальные и расчетные данные исследований, Выводы по работе
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
Технологическая и конструкторская часть	Чинахов Д.А.	
Эргономическая и экологическая часть	Солодский С.А.	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель директора по научной работе	Чинахов Д.А.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Сапожков А.С.		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Юргинский технологический институт  
 Направление подготовки (специальность) 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»  
 Кафедра «Сварочное производство»  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016 – 2017 учебного года)

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2017	Обзор литературы	30
17.03.2017	Объекты и методы исследования	20
17.04.2017	Расчеты и аналитика	30
20.05.2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заместитель директора по научной работе	Чинахов Д.А.	К.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Сварочного производства	Сапожков С.Б.	Д.т.н., доцент		

Юрга – 2017 г.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
10А32	Сапожков А.С.

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Высшее	Направление/специальность	Оборудование и технология сварочного производства

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

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i>	
<i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	

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

2. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<i>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</i>
3. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i>	<i>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>
4. <i>Охрана окружающей среды:</i>	<i>Вредные выбросы в атмосферу.</i>
5. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i>	<i>Перечень наиболее возможных ЧС на объекте</i>
6. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i>	<i>Проектирование системы приточно-вытяжной вентиляции на разрабатываемом участке.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой БЖДЭ и ФВ	Солодский С.А.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
10А32	Сапожков АС.		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа 62 с., 19 рис., 11 табл., 50 источников.

Ключевые слова: сварка, защитный газ, сварной шов, газодинамическое влияние, двухструйная газовая защита.

Объектом исследования следует принять газодинамическое влияние при сварке плавящимся электродом в условиях одноструйной и двухструйной газовой защиты на форму сварного соединения из конструкционной углеродистой стали.

Цель исследования – установить взаимосвязь газодинамического воздействия при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов на процесс формирования сварного шва и его геометрию.

В процессе работы проходили опыты на реальном объекте исследования. Во время проведения эксперимента выполняли наплавку валиков на пластину из стали 45 толщиной 10 мм сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в смеси газов 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Наплавка выполнялась сваркой с классической (одноструйной) и двухструйной газовой защитой.

Новизной работы является применение двухструйной газовой защиты при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов, а также ее влияние на геометрические параметры сварного соединения.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовой программе Microsoft Office Word 2007 и предоставлена на диске CD-R (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Graduation qualification work 62 pages, 19 figures, 11 tables, 50 sources.

Key words: welding, shielding gas, welded seam, gas-dynamic influence, two-jet gas shielding.

The object of investigation should be the gas dynamic effect when welding smooth electrodes under conditions of single-jet and two-jet gas protection to the shape of a welded joint of structural carbon steel.

The aim of the study is to establish the relationship between the gas dynamic effect during welding in accordance with the technological process of the weld and its geometry.

In the process of work, experiments were conducted on a real research facility. During the experiment, surfacing the rollers on a plate of steel 45 with a thickness of 10 mm with a Sv-08G2S welding wire with a diameter of 1.2 mm in a gas mixture of 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>. Surfacing was performed by welding with a classical (single-jet) and two-jet gas shielding.

The novelty of the work is the use of a two-jet gas shielding when welding a melting electrode in a protective gas environment, as well as its effect on the geometric parameters of the welded joint.

The final qualifying work is executed in the text program Microsoft Word and is provided on the CD-R (in the envelope on the back cover).

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 2246-70 – Проволока стальная сварочная.
- ГОСТ 1577-93 – Легированная конструкционная сталь.
- ГОСТ 15150-69 – Машины, приборы и другие технические изделия.
- ГОСТ 12.2.033-81- Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные.

## Оглавление

Введение .....	13
Цель и задачи исследования .....	16
1 Обзор и анализ литературы .....	17
2 Объект и метод исследования .....	20
2.1 Характерные особенности сварки в защитных газах .....	20
2.2 Эффективность газовой защиты .....	24
2.3 Анализ управления свойствами сварных соединений и процессом сварки плавящимся электродом в среде защитного газа .....	27
2.4 Оценка газодинамического воздействия защитного газа на каплю электродного металла при сварке с двухструйной газовой защитой .....	30
2.5 Сварочные материалы .....	33
2.6 Параметры режима сварки .....	35
2.7 Сварочное оборудование .....	36
2.8 Методика проведения эксперимента .....	41
2.9 Методика определения геометрических параметров шва .....	42
2.9.1 Проведение испытаний и обработка результатов исследования .....	43
3 Результаты проведенного исследования .....	48
4 Выводы .....	52
5 Социальная ответственность .....	53
5.1 Описание рабочего места .....	53
5.2 Анализ выявленных вредных факторов .....	53

5.3 Анализ выявленных опасных факторов .....	55
5.3.1 Обеспечение требуемого освещения в лаборатории .....	56
5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата в лаборатории .....	58
5.3.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов .....	59
5.4 Охрана окружающей среды .....	61
5.5 Защита в чрезвычайной ситуации .....	62
5.6 Заключение .....	63
Заключение .....	64
Список использованных источников .....	65

## Введение

Современное производство предъявляет высокие требования к сварным конструкциям. Самой первой из основных задач является усовершенствование технических и экономических показателей на основе понижения удельной металлоемкости конструкции, увеличения эксплуатационной надежности и долговечности с одновременным уменьшением ресурсов и трудозатратности. Сварке подвергаются практически любые металлы и неметаллы (пластмассы, керамика, стекло и др.) в любых условиях – на Земле, в подводных глубинах и в космосе. Размеры свариваемых деталей колеблются от микрометров до метров, масса сварных конструкций – от долей грамма до сотен и тысяч тонн. Во достаточно частых случаях сварка является единственным возможным или наиболее эффективным способом создания неразъемных соединений конструкционных материалов и получения ресурсосберегающих заготовок, наиболее приближенных по форме и объему к готовой детали или конструкции.

Проблемы связанные с увеличением спроса конструкций из углеродистых конструкционных сталей не только в машиностроении, но и в добывающих отраслях промышленности на сегодняшний день являются одними из основных. Многие отрасли производства обозначили для себя основные направления развития сварочного производства, одним из которых является развитие и углубление новейших исследований в сфере свариваемости сталей [1].

Конструкционные стали используют для производства сварных конструкций, так как они обладают высокими эксплуатационными свойствами, при всем этом не имея высокую прочность конструкции снижая её металлоёмкость[2,3].

Протекание сварочных процессов происходит при высоких температурах по сложным физическим и химическим законам. Совокупность различных факторов и явлений определяет качество сварных соединений, что заметно при сварке углеродистых сталей.

Существуют достаточно много путей повышения качества эксплуатационных свойств сварных соединений, к примеру управления капельным переносом электродного металла в сварочную ванну[4, 5, 6, 7] или изменение воздействия газовой струи в условиях газовой защиты [8, 9, 10].

В настоящее время на данном этапе развития технологических процессов сварки газодинамике уделяют мало внимания. В основном в работах, связанных с улучшением качества защиты зоны сварки газом, приводятся результаты экспериментальных исследований, отражающие влияние газовой защиты на качество защиты зоны сварки, стабильность процессов сварки, разбрызгивание металла электрода из зоны сварки. Большинство авторов [5,12,15,24,34] исследовали влияние изменения потоков газовой защиты на процессы сварки. В работах Потапьевского А.Г. [5] говорится о том, что на капли электродного металла, кроме основных сил значительное воздействие проявляет сила давления струи защитного газа. В.И. Столбов [12] описывает то, что процессы термогазокинетического рода (в некоторых условиях) представляют второстепенную значимость в образовании потоков массы в сварочной дуге, после магнитных и гидродинамических процессов. Новожилов Н.М. [13] представляет различные методы подвода защитного газа в зону сварки, которые проявляют

воздействие на интенсивность протекания металлургических процессов, качество защиты сварочной ванны, формирование и плотность сварных соединений. Авторам [8,32] Федоренко Г.А., Чинахов Д.А., Киянов С.С., Тарасов М.Н., Шейко П.П., Новиков О.М. и др. приходилось проводить исследования по воздействию изменения потоков защитных газов на процессы сварки плавящимся электродом. Они выяснили, что с повышением скорости истечения газа происходит улучшение качества защиты зоны сварки, формообразование сварного шва, стабильность большинства процессов сварки. Воздействие скорости защитного газа на перенос капель электродного металла в сварочную ванну и ее величина способствующая отрыву капли (зависит от размеров капли и состава электродного металла)[8].

Свойства защитных газов значительно влияют на технологические свойства дуги и формирование сварного соединения. Авторами [33] исследовании и разработан способ сварки с двухструйной газовой защитой сварочной ванны. В данной работе проведен сравнительный анализ традиционного и разработанного способа сварки. Новизной данной работы является использование двухструйной защиты газом при сварке с применением разного расхода защитного газа, а также её воздействие на процессы формирования и геометрические параметры сварного шва.



## Цель и задачи исследования

На основании вышеизложенного теоретического материала сформулированы цель и задачи дальнейших исследований.

### Цель работы:

Установить взаимосвязь газодинамического воздействия при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов на процесс формирования сварного шва и его геометрию.

### Задачи:

1. Провести анализ, имеющихся на данный момент, способов газодинамического воздействия на сварной шов.
2. Исследовать влияние формы и скорости истечения защитного газа на геометрию сварного шва.
3. Привести сравнительные результаты экспериментальных исследований способов сварки плавящимся электродом в среде защитного газа.

## 1 Обзор и анализ литературы

Газодинамика (или газовая динамика) – раздел механики, изучающий законы движения газообразной среды и её взаимодействия с движущимися в ней твёрдыми телами. Газовая динамика возникла как дальнейшее развитие аэродинамики и имеет дело с ситуациями, в которых условия существенно отличаются от нормальных.

Особенностью газовой динамики, отличающей её от классической аэродинамики, являются условия, при которых сжимаемость газа становится существенным фактором, влияющим на его уравнение состояния и, соответственно, поведение. Например, процессы в газовых средах, сопровождающиеся экзотермическими (горение, взрыв) или эндотермическими (диссоциация) химическими реакциями: в этих случаях из-за изменения средней молекулярной массы газа и процессов энерговыделения модель идеального газа неприменима [11].

Возникновение газовой динамики относится к середине и второй половине XIX века и связано с основополагающими работами [Х. Допплера](#), [Г. Римана](#), [Э. Маха](#), [У. Дж. Ранкина](#) и [П.А. Гюгонио](#) [11].

В настоящее время газовой динамике уделяют мало внимания в технологическом процессе сварки. В основном в работах, связанных с изучением газовой защиты зоны сварки, приводятся результаты экспериментальных исследований, отражающие влияние защитного газа на качество защиты зоны сварки, стабильность процесса сварки, разбрызгивание электродного металла. Многие авторы [5,8 -10] проводили исследования по влиянию изменения потока защитного газа на процесс сварки плавящимся электродом. В своей работе Потапьевский А.Г. [5]

говорит о том, что на каплю электродного металла, кроме основных сил существенное влияние оказывает сила давления струи защитного газа.

В.И. Столбов [12] описывает то, что термогазокинетические процессы (в определенных условиях) играют вторую роль в образовании потоков массы в сварочной дуге, после магнитогидродинамических процессов.

Новожилов Н.М. [13] описывает разные способы подвода защитного газа в зону сварки, которые оказывают влияние на интенсивность протекания металлургических процессов, качество защиты сварочной ванны, формирование и плотность сварных швов. Авторы [8-10, 14-17] Федоренко Г.А., Чинахов Д.А., Киянов С.С., Тарасов М.Н., Шейко П.П., Новиков О.М. и др. проводили исследования по влиянию изменения потоков защитного газа на процесс сварки плавящимся электродом и отмечают, что с увеличением скорости истечения газа происходит улучшение качества защиты зоны сварки, формирования сварного шва, стабильности процесса сварки. Влияние скорости подачи защитного газа на перенос капель электродного металла и ее величина способствующая отрыву капли (зависит от размера капли и электродного металла).

По результатам проведенных ранее исследований [8, 18-19] установлено, что форма, скорость и воздействие потока газа при истечении из традиционного и двухструйного сопла сильно отличается. Значительное изменение динамики защитного газа влечет за собой изменение процессов, протекающих в зоне сварки (металлургические, тепловые, энергетические процессы), и как следствие, изменение эксплуатационных свойств сварных соединений.

Свойства защитных газов оказывают значительное влияние на технологические свойства дуги и форму сварных швов. Авторами [10, 20] разработан способ сварки с двухструйной газовой защитой сварочной ванны.

В своей работе мы проведем сравнительный анализ традиционного и разработанного способа сварки.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что изменение вида газовой защиты при сварке плавящимся электродом оказывает значимое влияние на структурно – фазовое состояние, распределение микротвердости в поперечном сечении сварных соединений и геометрию сварного шва, т.е. позволяет управлять эксплуатационными свойствами сварных соединений. Таким образом, при определенных условиях защитный газ можно рассматривать не только как защиту от вредного воздействия внешней среды, но и как инструмент управления процессами, протекающими при формировании сварного соединения.

## 2 Объект и метод исследования

### 2.1 Характерные особенности сварки в защитных газах

В основном используют на практике два основных вида сварки в среде защитных газов – это сварка в среде углекислого газа и аргонодуговая сварка[5]. При сварке в среде защитных газов плавящимся электродом можно отметить ряд особенностей.

При высоких плотностях тока в электроде, происходит устойчивое горение дуги ( $100 \text{ А/мм}^2$  и выше) при нарастающей вольтамперной статической характеристике. Геометрические параметры сварного шва (глубина проплавления и ширина) зависят от постоянства длины дуги, которая поддерживается за счет процесса саморегулирования дуги при том, что скорость подачи электродной проволоки остается постоянной. При этом наблюдается условие одинаковой скорости подачи и плавления электрода. Так как процесс сварки выполняется на режимах с высокими плотностями сварочного тока, то в основном используется электродная проволока небольшого диаметра ( $d \approx 0,8...2,5 \text{ мм}$ ), с высокой скоростью ее подачи. В этих условиях при использовании источников питания с падающими характеристиками, процесс саморегулирования не может быть обеспечен. Поэтому используют источники питания с возрастающей или жесткой вольтамперной характеристикой. Сварку в защитных газах в основном выполняют на обратной полярности при постоянном токе. При прямой полярности скорость плавления проволоки в 1,4–1,6 раза больше, чем при обратной, но дуга горит менее стабильно с интенсивным разбрызгиванием[5].

Основные параметры режима сварки являются сила тока, напряжение дуги, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки, расход защитного газа. Сила сварочного тока зависит от диаметра и состава электрода, которую устанавливают в зависимости от скорости подачи электродной проволоки. Скорость сварки в основном 15–80 м/ч, ее устанавливают с учетом качества формирования шва и производительности. Выбор режимов сварки в основном производится по данным экспериментов, которые сводятся в таблицы. Для лучшего формирования шва сварку ведут на остающейся подкладке из основного металла или на медной подкладке с формирующей канавкой. Проволоку диаметром 0,5–1,2 мм используют для сварки тонколистового металла. Металл толщиной до 4 мм сваривается без разделки кромок. При большой толщине металла выполняют разделку кромок[2].

Аргондуговая сварка плавящимся электродом в основном используют для сварки цветных металлов (алюминий, магний, медь, титан и их сплавы) и легированных сталей. Сварка выполняется на режимах, при которых обеспечивается мелкокапельный и струйный перенос электродного металла. Струйный перенос металла увеличивает глубину проплавления. Предельное значение сварочного тока, при котором капельный перенос электродного металла изменяется на струйный, различается в зависимости от металла и зависит от диаметра электродной проволоки[23]. Так, при сварке сталей это происходит при плотности тока от 60 до 120 А на 1 мм<sup>2</sup> сечения электрода, а при сварке алюминия происходит при 70 А. Например, при использовании электродной проволоки из стали марки Св-12Х18Н9Т для разных диаметров при горении дуги в среде аргона критический ток имеет разные значения. В качестве защитного газа при сварке сталей обычно используют аргон с добавлением углекислого газа или кислорода (1–5% по объему)[21].

При введении активных газов стабилизируется горение дуги, снижается разбрызгивание. Параллельно с этим окислительная среда увеличивает стойкость швов против водородной болезни[24].

При сварке с использованием импульсного питания дуги сварочным током возникает дополнительная возможность управления переноса электродного металла и процессом плавления. В этом случае используется тот же принцип питания дуги, что и при сварке вольфрамовым электродом при импульсно-дуговой сварке. Дуга питается от источника небольшой мощности, формирующая каплю жидкого металла на электроде сбрасывается в момент наложения импульса тока большого значения. В связи того что возникают электродинамические силы, капле придается строгое направление перемещения в сварочную ванну, чем предотвращается разбрызгивание и обеспечивается возможность сварки швов в различных пространственных положениях. По сравнению со сваркой вольфрамовым электродом к деталям которые были сварены аргонодуговой сваркой, предъявляют наиболее жесткие требования по качеству сборки. Перед сваркой производят тщательную очистку как электродной проволоки, так кромок свариваемых деталей[24].

Сварка плавящимся электродом в углекислом газе. Данным способом можно сваривать большую часть сталей, которые не очень хорошо свариваются другими видами сварки. В первую очередь сваривают углеродистые и низколегированные стали толщиной более 3 мм проволокой диаметром 0,8–2 мм. Данный способ сварки также применяется для сварки стальных конструкций[15].

Сварка в защитном газе имеет низкую себестоимость и высокую производительность, по сравнению с другими видами сварки в защитных газах. Процесс экономичен, защитный газ не дефицитен, обеспечивает достаточно высокое качество металла швов. Механизованная сварка в углекислом газе, успешно составляет конкуренцию ручной дуговой сварки,

как более производительный процесс, а также из-за своей универсальности. У сварки в углекислом газе присутствует и недостаток, это высокое разбрызгивание[24].

При сварке с использованием в качестве защиты углекислый газ, происходит потери легирующих элементов и окисление металла. Поэтому основной особенностью данного способа сварки является необходимостью применение электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей (кремния, марганца), которые компенсируют их выгорание из зоны сварки, предотвращают окисление металла в ванне и образование пор. Для углеродистых сталей в основном используют сварочные проволоки сплошного сечения СВ-10ГС, Св-08Г2С, а также порошковые проволоки, содержащие в наполнителе порошки ферросплавов кремния и марганца. Автоматическая и механизированная сварка в углекислом газе ведется на постоянном токе обратной полярности. Для обеспечения наиболее устойчивого процесса на высоких плотностях тока, используется проволока малых диаметров 0,8–2,5 мм, а питание дуги производится от источника с жесткой ВАХ (вольт-амперная характеристика). При сварке в углекислом газе, даже с применением сварочного тока высокой плотности, практически не удается получить струйного переноса электродного металла в сварочную ванну. Сварочный ток определяют в зависимости от скоростью подачи электродной проволоки. Напряжение дуги должно быть не больше 32–34 В, так как при увеличении напряжения и длины дуги увеличивается разбрызгивание и окисление. Обычно  $U_d=20\dots30$  В скорость сварки от 20 до 80 м/ч, расход газа 6–25 л/мин[5].

При механизированной сварке низкоуглеродистой стали толщиной 8 мм сварку можно выполнять проволокой диаметром 2 мм, на силе тока 260–280 А, при напряжении 28–30 В, расходе газа 16–20 л/мин за один проход без разделки кромок. Также при сварки используют защитные смеси газов



CO<sub>2</sub>+Ar, CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> и др. При этом улучшается капельный перенос, уменьшается разбрызгивание, улучшается формирование швов[19].

## 2.2 Эффективность газовой защиты

Для получения швов высокого качества должна обеспечиваться надежная защита зоны сварки. Защита зоны сварочной ванны должна производиться до её полной кристаллизации. Защита зоны сварки осуществляется путем подачи в зону сварки струи защитного газа. Истечение газа из сопла, сварочной горелки имеет турбулентный характер. Наружняя сторона струи неизбежно перемешивается с воздухом, а внутренняя струя состоит из чистого защитного газа (рисунок 1). Обычно длина участка чистого газа в 1,5-4 раза больше диаметра сопла[6].

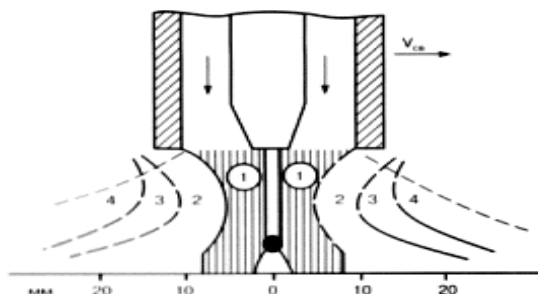


Рисунок 1 Состав струи углекислого газа, истекающего из сопла сварочной горелки[21]: 1-100% CO<sub>2</sub>, 2 - CO<sub>2</sub> + 10% воздуха; 3 - CO<sub>2</sub> + 60% воздуха; 4 - CO<sub>2</sub> + 80% воздуха

Эффективная защита и форма потока газа зависит от рода защитного газа, а также типа сварного соединения, скорости сварки и движения потоков воздуха (сквозняка, ветра). Так, при сварки в среде углекислого газа и азота легче обеспечивается хорошая защита сварочной ванны, чем при сварке в среде аргона. Очень трудоемко обеспечивается защита зоны сварки

в среде гелия. При сварке угловых швов с внутренней стороны угла и стыковых швов защита намного лучше, чем при сварке угловых швов с наружной стороны угла. В основном защита зоны сварки напрямую зависит от жесткости струи защитного газа и её размеров[24].

Жесткость струи определяют родом защитного газа и скоростью его истечения. Поэтому при увеличении диаметра сопла должен одновременно увеличиваться и расход защитного газа. Однако при большом увеличении скорости потока газа из-за турбулентности уменьшается зона чистого газа, и эффективность защиты снижается. Если уменьшается расстояние между соплом и свариваемой детали, то защита зоны сварки улучшается. Для наиболее удобного наблюдения за дугой обычно расстояние принимают равным 10 – 30 мм. Если производить сварку с наклоном горелки углом вперед, то защита зоны сварки улучшается. При сварке с большим наклоном горелки и больших скоростях истечения защитного газа, может происходить нарушение защиты зоны сварки[14].

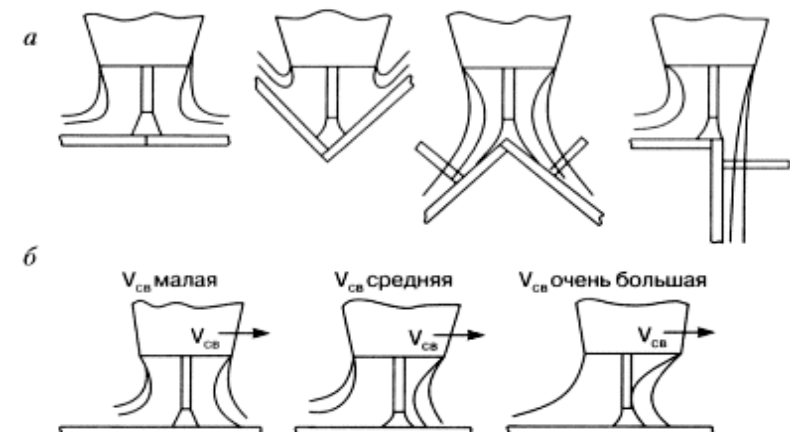


Рисунок 2 Влияние типа сварочного соединения (а) и скорость сварки (б) на эффективность газовой защиты[21].

Для улучшения защиты зоны сварки на больших скоростях и на ветру рекомендуется увеличивать диаметр сопла и расход защитного газа, приближая горелку к детали. Для того чтобы защитить зону сварки от

потоков ветра, её закрывают малогабаритными щитками, которые закрепляют на горелки автомата или устанавливают на детали, а также переносными щитками или палатками. Эффективность защиты в значительной степени определяется конструкцией и размерами горелки, которое зависит от рода защитного газа, размера сварного соединения и режимов сварки. Истечение газа из горелки должно быть равномерным по всему сечению сопла, для чего применяют различные схемы ввода газа в сопло горелки (рисунок 3). Мундштук желательно немного утопить в горелке. При сварке в среде углекислого газа форма сопла не имеет такой значимости[21]. Для предупреждения попадания воздуха в сопло через канал для прохода проволоки на входе, в канал устанавливают уплотнители или подводят в него газ (рисунок 4).

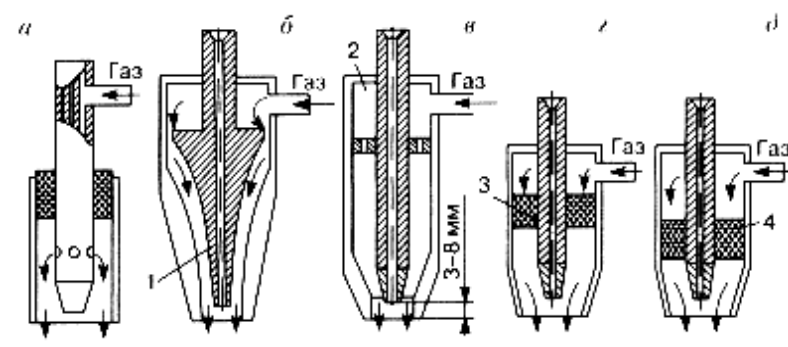


Рисунок 3 Схемы подвода газа в сварочных горелках[21]: а - с кольцевым подводом газа; б-е отражателями; в - с успокоительными камерами; г - с сеточными вставками; д - с металлокерамическими вставками (1 - отражатель газа; 2 - успокоительная камера; 3 - сетка; 4 - металлокерамика)

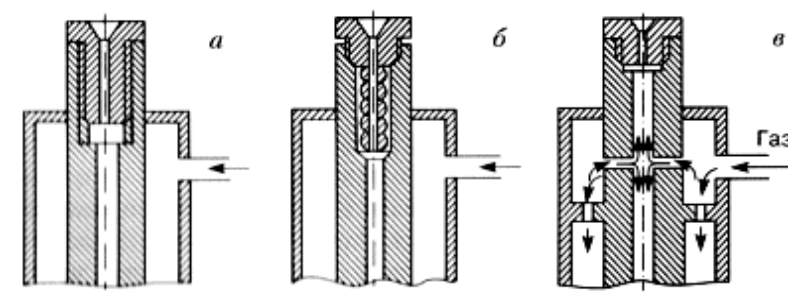


Рисунок 4 Схемы предупреждения попадания воздуха в поток защитного газа[21]: а – горелка со сменным цилиндрическим уплотнителем; б – горелка с лабиринтовым уплотнителем; в - горелка с подводом защитного газа в канал для прохода проволоки.

### 2.3 Анализ управления свойствами сварных соединений и процессом сварки плавящимся электродом в среде защитного газа

Основной принцип сварки в защитном газе основан на отеснении воздуха из зоны сварки при помощи потока защитного газа. На сегодняшний день в нашей стране и за рубежом, используют множество способов сварки в защитных газах, которые получили широкое распространение[13, 21].

Обеспечивают защиту зоны сварки следующими способами подачи защитного газа: одноструйная и двухструйная способы защиты (рисунок 5).

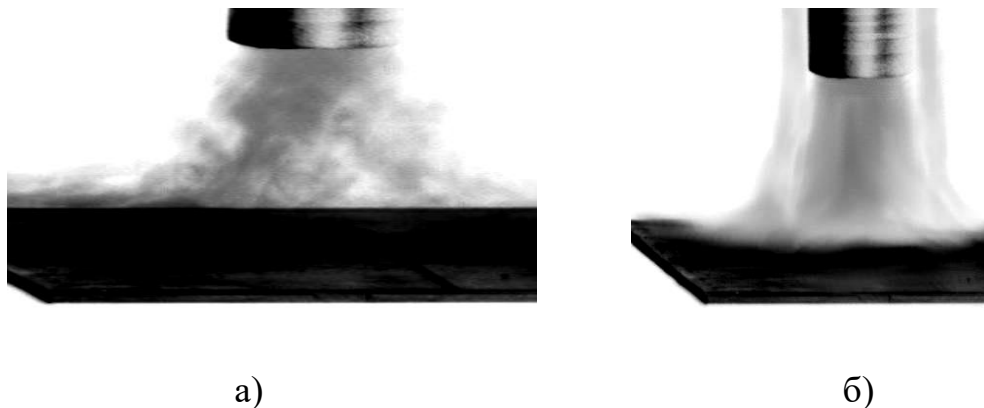


Рисунок 5 Сварка в защитном газе

а) одноструйная газовая защита; б) двухструйная газовая защита

Способ сварки в струе защитного газа, отмечают как наиболее распространенный способ местной защиты при сварки. При помощи расхода защитного газа и расстояния от среза сопла до поверхности свариваемой

детали (рисунок 6), можно производить управление скоростью кристаллизации металла шва.

При струйной местной защите обычно поток истечения газа ламинарный, но если увеличить скорость истечения защитного газа до критического значения, происходит изменение истечения защитного газа из ламинарного состояния в турбулентный (присутствуют сильные завихрения).

На расстоянии в несколько миллиметров, происходит подмешивание в струю защитного газа до 50% воздуха [13].

Для обеспечения хорошей газовой защиты на ветру, сварку производят только жесткими защитными струями, жесткость которых зависит от скорости истечения защитного газа из сопла [22].

Разработанный в ЮТИ ТПУ способ сварки с двухструйной газовой защитой, способствует снижению завихрения газовой струи в околошовной зоне, а стойкость внутренней струи подаваемого газа обеспечивает надежную защиту зоны сварки[33].

Процессами в зоне сварки и сварочной ванне, можно управлять при помощи газодинамического воздействия, которое способствует интенсивному перемешиванию присадочного металла с металлом сварочной ванны. Происходит увеличение скорости истечения защитного газа и сокращается время нахождения металла шва и зоны термического влияния в зоне высоких температур. Внешняя подаваемая струя защитного газа блокирует завихрение газа у поверхности свариваемых деталей и при этом обеспечивается надёжная защита зоны сварки от вредного влияния воздуха.

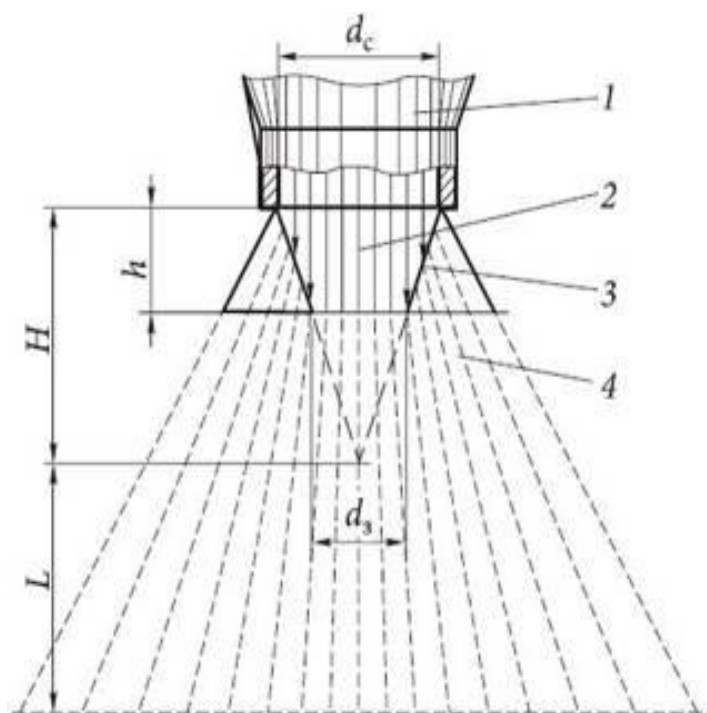


Рисунок 6. Схема истечения защитного газа из сварочного сопла[23]:

1 – сопло; 2 – потенциальное ядро струи; 3 – пограничный слой;  
 4 - периферийный участок струи;  $H$  – вылет ядра струи за срез сопла;  
 $h$  – расстояние от среза сопла до уровня, на котором диаметр  
 зоны эффективной защиты равен  $d_v$ ;  $L$  – расстояние от среза сопла  
 до поверхности изделия;  $d_c$  – выходной диаметр сопла

Сравнение потоков газа на выходе из одноструйного и двухструйного сварочного сопла представлено на рисунке 7.

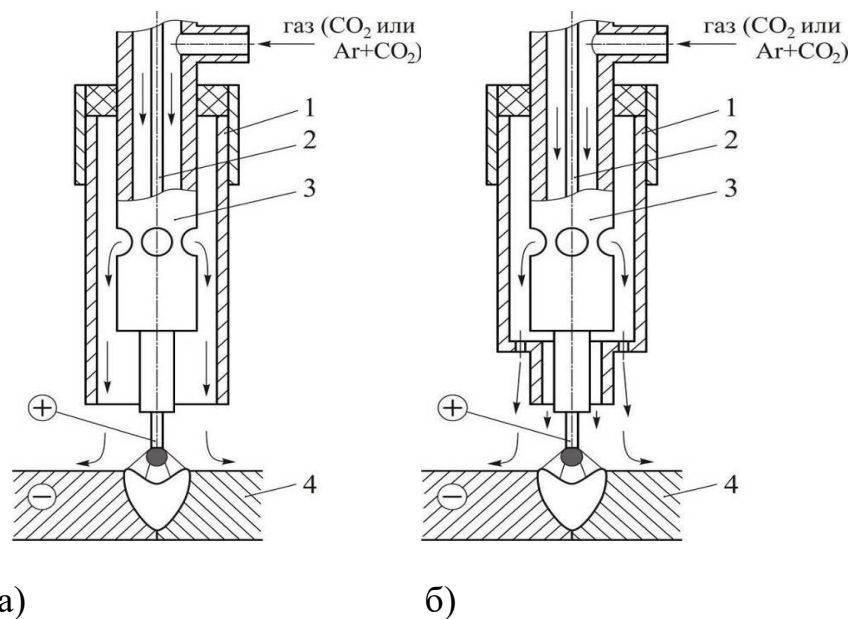


Рисунок 7. Схема истечения защитного газа из сварочного сопла:

а) традиционная одноструйная газовая защита;

б) двухструйная газовая защита;

1 - сопло; 2 - электродная проволока; 3 - сварочная свеча; 4 - деталь;

При двухструйной газовой защите по сравнению с одноструйной на выходе из сопла возрастает скорость истечения газа в 3,5 раза и давление газа в 12 раз, при одинаковом расходе[31].

#### 2.4 Оценка газодинамического воздействия защитного газа на каплю электродного металла при сварке с двухструйной газовой защитой

При сварке сварочные процессы протекают по сложным физико – химическим законам при высокой температуре. На качество сварных соединений оказывает большое влияние совокупность различных факторов и явлений. Особенно сильно влияние этих факторов сказывается при сварке

сталей склонных к образованию закалочных структур. Формирование структуры и фазовое состояние металла шва зависит от химического состава основного и присадочного металла и от условий проведения и режимов сварки [1-3, 6, 25-30].

Процессы которые протекают при сварке в капле расплавленного электродного металла и в сварочной ванне, занимают основную роль при формировании свойств сварных соединений[2, 6, 13].

Перенос электродного металла при сварке, зависит от многих факторов и явлений зоне сварки. Известно, что при сварке в среде защитного газа на каплю электродного металла действуют такие силы как: сила действия потоков плазмы дуги  $F_{пл}$ , сила поверхностного натяжения  $F_{пн}$ , реактивная сила испаряющего металла и выделения газа  $F_p$ , сила тяжести  $F_T$ , электродинамическая сила  $F_{эд}$ , материала электродов, напряжение дуги, сварочного тока, скорости движения сварочной проволоки и самой капли электродного металла, зависят условий в которых горит дуга. Большое количество сил влияют на расположение капли электродного металла, относительно сварочной ванны, а также влияют на размер капли. Распределение сил действующих на каплю представлено на рисунке 8.

Данные сила электродного металла, в зависимости от действия на каплю электродного металла, либо способствуют лучшему переносу капли в сварочную ванну, либо препятствуют её переходу.

Кроме перечисленных сил, действующих на каплю, большое влияние оказывает сила воздействия струи защитного газа. [5, 12, 31-33]

Отмечено что наибольшее значение силы струи защитного газа присутствует при двухструйной газовой защите в  $CO_2$ . [10, 20, 31, 34]



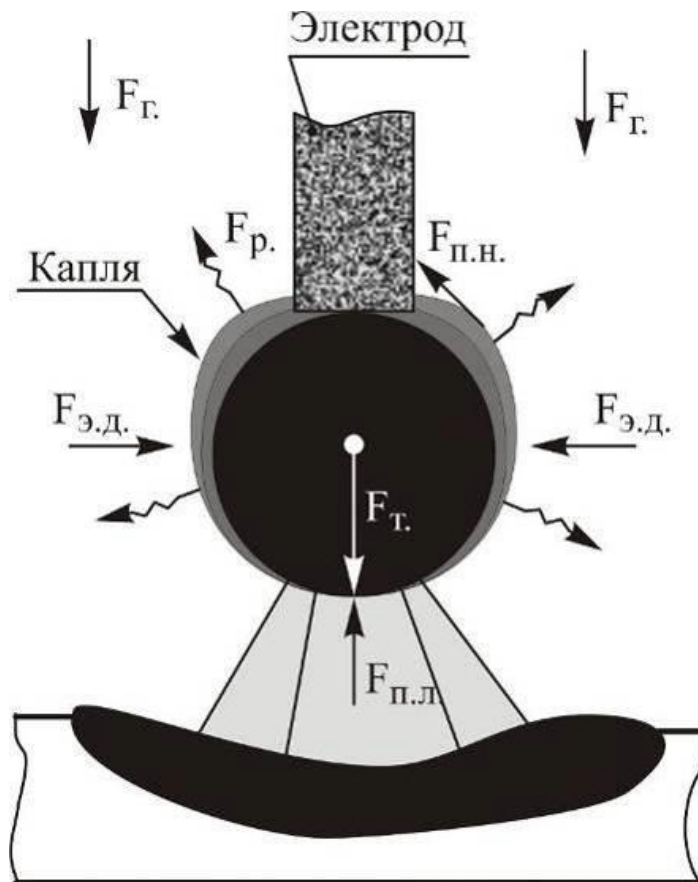


Рисунок 8 Силы действующие на каплю электродного металла[34]

При сварке с использованием двухструйной газовой защиты, с увеличением давления газового потока на каплю электродного металла возрастает интенсивность протекания металлургических процессов.

При нарастании давления струи защитного газа с использованием двухструйной газовой защиты, увеличивается не только частота, но и стабильность перехода капель электродного металла в ванну, за счет того что капле придается соосное положение с электродом.

В связи с этим можно отметить, что при выполнении сварки открытой дугой сварочный ток и скорость истечения защитного газа сильно влияют на химический состав металла шва. В случае сварки погруженной или полупогруженной дугой из паров металла и выделяющихся газов, создается садозащитная атмосфера т.е газодинамические процессы перестают играть значимую роль на химический состав металла шва и на управление переносом капли, а защитный газ используют только для защита зоны сварки от влияний воздуха.

## 2.5 Сварочные материалы

Для практических исследований использовали конструкционную среднеуглеродистую сталь 45, содержание химических элементов представлено в таблице 1, а механических свойств в таблице 2.

Таблица 1 - Химический состав стали 45, % [35]

C	Si	Mn	S	P	Cr,	Ni	Cu,	Fe
0,42 - 0,5	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	до 0,04	До 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,25	~97

Таблица 2 - Механические свойства стали 45[35]

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
780	640	16	50

Для проведения эксперимента воспользовались высококачественной омедненной сварочной проволокой Св 08Г2С (ГОСТ 2246-70).

Данная проволока, предназначенная для сварки длинной дугой при токах до 500А, преимущественно в углекислом газе, в машиностроении, подъемно-транспортном машиностроении, судостроении. Химический состав проволоки представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав проволоки.[35]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti
0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	Не более 0,25	Не более 0,25	Не более 0,15	Не более 0,04
S	P	Cu	V	W	Al	N
Не более 0,025	Не более 0,030	Не более 0,25	Не более 0,05	По факту	Не более 0,05	Не более 0,010

В качестве способа сварки была выбрана автоматическая сварка в смеси газов (таблица 4): Ar (ГОСТ 10157-79) + CO<sub>2</sub> (ГОСТ 8050-85).

Таблица 4 – Защитный газ для дуговой сварки [36]

Газ	Содержание чистого газа по объему, %, не менее	Назначение
<p style="text-align: center;">CO<sub>2</sub> (ГОСТ 8050 – 85)</p>	<p>18</p>	<p>Применяется в качестве активного защитного газа при дуговой сварке (обычно при полуавтоматической сварке) плавящимся электродом (проволокой), в том числе в составе газовой смеси (с кислородом, аргоном), при сварке низкоуглеродистых и легированных сталей</p>
<p style="text-align: center;">Ar (ГОСТ 10157-79)</p>	<p>82</p>	<p>Газообразный аргон, получаемый из воздуха и остаточных газов аммиачных производств и предназначенный для использования в качестве защитной среды при сварке, резке и плавке активных и редких металлов и сплавов на их основе и легированных сталей различных марок</p>

## 2.6 Параметры режима сварки

На основе анализа литературных данных были определены режимы (таблица 5) сварки в среде защитного газа для экспериментальных исследований, обеспечивающее качественное формирование шва, необходимое для обеспечения конструктивной прочности, экономичности и количества наплавленного металла.

Таблица 5 – Экспериментальные режимы

Толщина металла, мм	Диаметр св.проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Вылет эл-да, мм	Расход газа, л/ч
10	1,2	190 - 200	25 - 26	10	5 - 25

## 2.7 Сварочное оборудование

Для сварки образцов использовали оборудование: Shtorm-Lorch V 50 AC/DC, автоматическая сварочная установки MECOME WP 1500.

Shtorm-Lorch V 50 AC/DC – трехфазный сварочный инвертор для сварки TIG с максимальным током 500 А, с возможностью точечной сварки, с переключением тока с AC на DC, предназначенный для промышленности. Сварочный аппарат Lorch V 50 AC/DC предоставляет возможность производить сварку точками с регулируемым временем, у него есть функция проверки подачи газа, автоматическое отключение. Аппарат имеет возможность почти непрерывного переноса капель электродного металла, что предотвращает короткие замыкания при тонком и среднем переносе – это означает почти полное отсутствие брызг электродного металла, и производительность наплавки максимальна во всем рабочем диапазоне. Имеет удобную ручку и колеса позволяющие легко транспортировать аппарат по рабочей зоне. Отлично работает при сварке на короткой и длинной дуге, проволоками сплошного сечения и порошковыми. Включение источника происходит при нажатии кнопки на горелке. Также возможен способ дистанционного управления. Защита от тепловых перегрузок[36].



Рисунок 9 Источник питания Shtorm-Lorch V 50 AC/DC

Технические характеристики источника питания Shtorm-Lorch V 50 AC/DC представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики Shtorm-Lorch V 50 AC/DC[36]

Источник питания	Shtorm-Lorch V 50 AC/DC
Регулировка напряжения	плавная
Диапазон регулировки сварочного тока	3-500А
Ток при ПВ 100%	380А
Ток при ПВ 60%	500А
Класс защиты	IP23
Сетевое напряжение	380В
Сетевой предохранитель	32А
Габариты в мм (ДхШхВ)	1130×450×815
Вес	123.20 Кг

Для осуществления автоматической сварки требуется целый комплекс машин, механизмов и приспособлений, составляющих автоматическую установку для дуговой сварки. Устройство, производящее зажигание дуги, подачу электродов по мере сгорания и обеспечивающее устойчивое горение дуги, называется автоматической головкой для дуговой сварки, или дуговым автоматом. Наиболее важное промышленное значение имеют автоматы для сварки плавким металлическим электродом. Вместо отдельных коротких электродов, применяемых в процессе ручной сварки, при автоматической сварке используется электродная проволока большой длины, в мотках или бухтах, сматываемая механизмом автомата и подаваемая в зону дуги по мере ее плавления.

Регулирование процесса сварки в автомате может быть осуществлено различными путями. Например, можно связать скорость подачи электродной проволоки с напряжением дуги и ее длиной. При нормальной длине дуги и нормальном ее напряжении автомат подает проволоку со скоростью, равной примерно скорости ее плавления; при уменьшении длины дуги скорость подачи проволоки уменьшается, вследствие чего длина дуги и ее напряжение возрастают и устанавливаются их нормальные значения.

При случайном увеличении длины дуги скорость подачи проволоки возрастает и длина дуги, а вместе с тем и ее напряжение уменьшаются до нормальной заданной величины.

Саморегулирование дуги вызывается тем, что скорость плавления электрода изменяется с изменением длины дуги: с увеличением длины дуги уменьшается скорость плавления, с уменьшением длины дуги эта скорость увеличивается. При постоянной скорости подачи электрода случайное изменение длины дуги вызывает изменение скорости плавления электрода, направленное на восстановление первоначальной длины дуги[37].



Рисунок 10 Автоматическая сварочная установка MECOME WP 1500: 1 – Установка автоматической сварки; 2 – Источник питания Lorch;



Рисунок 11 Шкаф управления

Состав установки:

Установка сварочная мод. WPI500 состоит из следующих компонентов:

- направляющая;
- металлическая балка (ДхШхВ) 2000x100x200 мм;
- шарикоподшипниковая направляющая 15 x 15 мм;
- концевые выключатели;
- рабочий ход 1500 мм;



- крепления для опор высотой 2000 мм (опоры не входят в комплект поставок);

- моторизированная каретка:

- 4 ролика для перемещения по направляющей;

- двигатель с преобразователем;

- скорость перемещения от 0 до 10.000 мм/мин;

- кабелеукладчик;

- крестообразный суппорт с ручным регулированием 80x80 мм;  
грузоподъемность 10 кг;

- моторизированная платформа, 600x600x30 мм (ДхШхВ) алюминиевая,  
грузоподъемность 10 кг, рабочий ход 1500 мм;

- Блок управления с ЧПУ со следующими функциями:

- управление перемещением моторизированной каретки;

- управление перемещением моторизированной платформы;

- с возможностью одновременного запуска сварки;

- с возможностью интерфейса с источником питания Lorch через плату

Int06;

- создание минимум 200 программ;

- с выносной панелью оператора , 5 м, со следующими функциями:

• кнопка аварийного останова;

• перемещение платформы вперед;

• перемещение платформы назад;

• потенциометр регулирования скорости;

• кнопка старт;

• кнопка стоп;

• сенсорный экран для программирования.

Электрическая система.

Электрическая система сварочной колонны располагается в специальном шкафу, и предназначена для подачи напряжения двигателям и

обмены сигналами с блоком управления (панель управления), таким образом, обеспечивая следующие функции:

- моторизованное перемещение держателя сварочной горелки
- управление сварочным источником

Назначение установки.

Различные части установки управляются с блока управления (панели управления), представляющего собой стационарную консоль.

Вспомогательное оборудование установки:

Два моторизованных блока для перемещения каретки сварочной горелки, за счет мотор-редуктора ДС с числовым управлением.

Все активные части установки электрически подключены к главному шкафу с помощью выводов и разъемов.

Функция установки – выполнять сварку, используя оборудование, описанное выше, и способы, предусмотренные данным руководством.

Работа осуществляется за счет следующих функций:

- установка вручную заготовки в рабочей зоне.
- перемещение оси для позиционирования горелки перед началом работы.
- начало сварочного цикла.

Блок управления (панель управления) дает возможность работать установке в двух режимах:

- ручном
- автоматическом

## 2.8 Методика проведения эксперимента

Для исследования и изучения формообразования неразъемного шва при сварке плавящимся электродом с традиционной (одноструйной) и с

двухструйной газовой защитой из стали 45 толщиной 10 мм сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в смеси газов 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>.

Для выполнения опыта осуществили изготовление образцов из в виде пластин, толщиной 10 мм.

В ходе исследования проводили наплавку валика выполняли сваркой с традиционной (одноструйной) и с двухструйной газовой защитой. Режим сварки:  $I=195...200$  А, вылет электродной проволоки  $L=10$  мм, расход защитного газа  $Q$  изменяли от 5 до 25 л/мин с шагом 5 л/мин, напряжение дуги  $U = 25...26$  В, скорость сварки  $V = 5$  мм/с.

## 2.9 Методика определения геометрических параметров шва

Сущность методики определения геометрических параметров шва заключается в том, что была выполнена наплавка валика на пластину, с различным расходом защитного газа. После сварки каждый шов был подписан, далее пластина была распилена поперек шва. На следующем этапе исследуемый образец был отшлифован и протравлен 25%-ным раствором азотной кислоты. В последствии образец был сфотографирован и оцифрован, получены растровые изображения в формате .jpg. На основании известного значения толщины материала на который проводилась наплавка был получен масштабный коэффициент учитываемый при измерении геометрических размеров шва (рисунок 12).

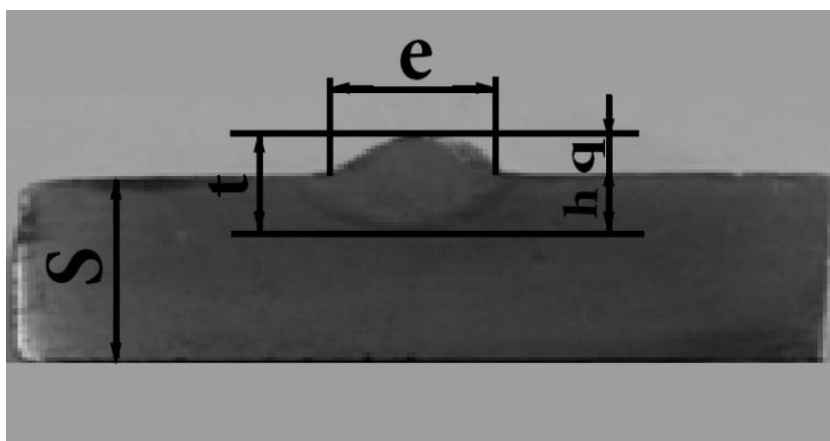


Рисунок 12 Основные геометрические параметры шва:  $S$  – толщина свариваемого металла;  $e$  – ширина сварного шва;  $q$  – выпуклость стыкового шва (высота усиления) – наибольшая высота (глубина) между поверхностью сварного шва и уровнем расположения поверхности сваренных деталей;  $h$  – глубина провара (глубина проплавления) – наибольшая глубина расплавления основного металла;  $t$  – толщина шва,  $t = q + h$ .

### 2.9.1 Проведение испытаний и обработка результатов исследования

Для определения газодинамического влияния одноструйной и двухструйной газовой защиты на параметры геометрии шва при сварке плавящимся электродом в защитном газе был проведен эксперимент на реальном объекте исследования. Во время проведения эксперимента выполняли наплавку валика на пластину стали 45 толщиной 10 мм сварочной проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм в смеси газов  $Ar + CO_2$ . Наплавку валика производили сваркой с традиционной (одноструйной) и с двухструйной газовой защитой.

На полученных сварных образцах провели измерение геометрических параметров сварных швов ( $e$  – ширина шва,  $g$  – усиление шва,  $h$  – глубина проплавления) (табл. 9).

Таблица 9 - Геометрические размеры сварных швов в зависимости от скорости течения газа

Расход защитного газа $Q$ , л/мин	Одноструйная газовая защита			Двухструйная газовая защита		
	Ширина шва $e$ , мм	Глубина проплавления $h$ , мм	Усиление шва $g$ , мм	Ширина шва $e$ , мм	Глубина проплавления $h$ , мм	Усиление шва $g$ , мм
5	10	3,2	2,9	10	2,1	2,7
10	10	3	2,8	11	2	2,7
15	10	2,5	2,8	11	2	2,6
20	10	2,2	2,7	12	1,5	2,6
25	10	2	2,6	12	1,2	2,5

По результатам экспериментальных исследований установлено, что при одинаковых режимах сварки и расходе газа, но разным способе газовой защиты значительно изменяются геометрические параметры сварного шва. На рисунке 13 видно, что геометрия наплавляемого валика с применением двухструйного сварочного сопла имеет более плоскую форму [38]. Что способствует значительному повышению прочности сварных соединений, особенно при переменных нагрузках.

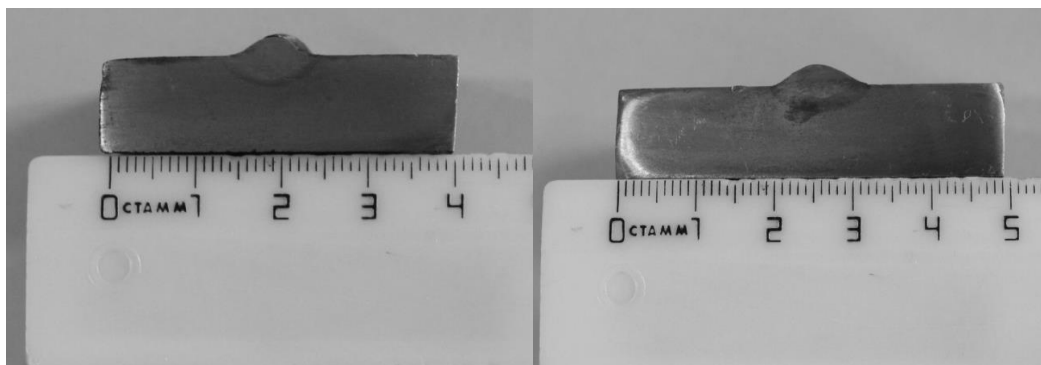


Рисунок 13 Экспериментальные образцы  $Q = 20$  л/мин:

а) одноструйная газовая защита б) двухструйная газовая защита

По результатам исследований [19] установлено, что при одинаковом расходе защитного газа скорость истечения на выходе из сопла при двухструйной газовой защите гораздо выше, чем при одноструйной.

При увеличении расхода газа и соответственно скорости подачи газа наблюдается увеличение глубины проплавления как для одноструйной так и для двухструйной газовой защиты. Усиление шва изменяется незначительно на всем диапазоне изменения расхода защитного газа. Ширина шва для традиционной газовой защиты не изменяется в зависимости от расхода защитного газа. В случае сварки с двухструйной газовой защитой ширина шва увеличивается с повышением расхода защитного газа, что объясняется высокой плотностью потока защитного газа и давлением его на поверхность жидкого металла сварочной ванны.

При сварке с двухструйной газовой защитой наблюдается плавный переход от сварного шва к основному металлу, что обеспечивает более высокую работоспособность сварных соединений. При традиционной сварке наблюдается заметная выпуклость сварного шва.

Для данных условий эксперимента при изменении способа газовой защиты с одноструйной на двухструйную при расходе газа 20 л/мин, произошло увеличение ширины шва на 20 %, а глубина проплавления на

снизилась на 32%. При изменении расхода газа на одноструйной защите, с 5 до 25 л/мин глубина проплавления уменьшилась на 28%, ширина осталась неизменной. На двухструйной же защите, такое изменение расхода показало, что ширина всё же увеличилась на 20%, когда глубина проплавления уменьшилась на 75%.

Анализ изменений глубины проплавления, ширины и усиления шва показал, что управляемый параметр режима сварки  $Q$  сильно влияет на формообразование сварного шва, что позволяет регулировать качество и свойства сварного соединения только влиянием на расход защитного газа.

Графики изменения глубины проплавления, усиления и ширины шва в зависимости от расхода защитного газа представлены на рисунках 14, 15 и 16.

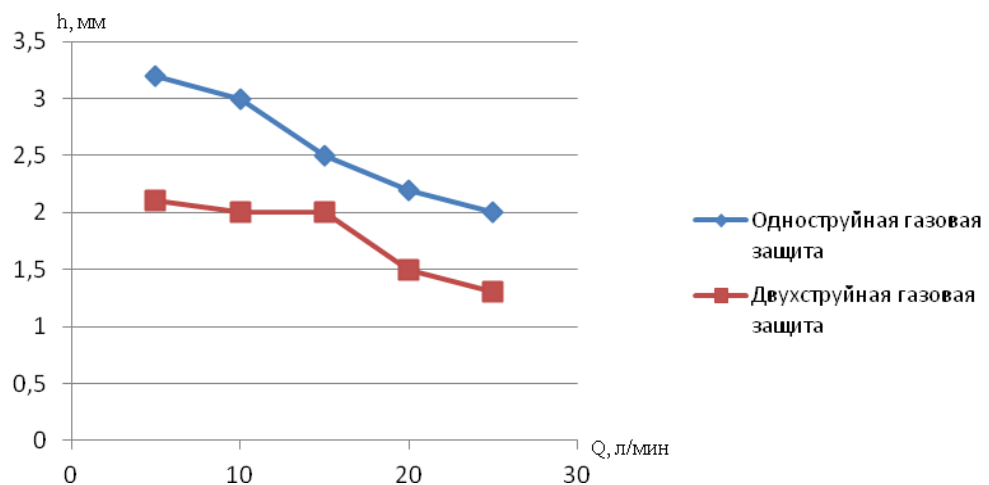


Рисунок 14 График изменения глубины проплавления в зависимости от расхода:

1 – одноструйная газовая защита 2 - двухструйная газовая защита

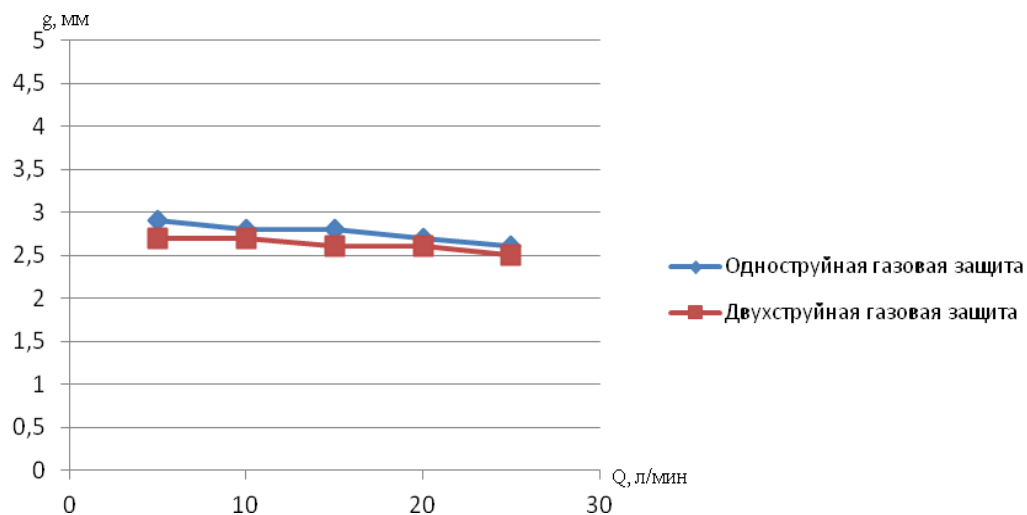


Рисунок 15 График изменения усиления шва в зависимости от расхода защитного газа:

1 – одноструйная газовая защита 2 - двухструйная газовая защита

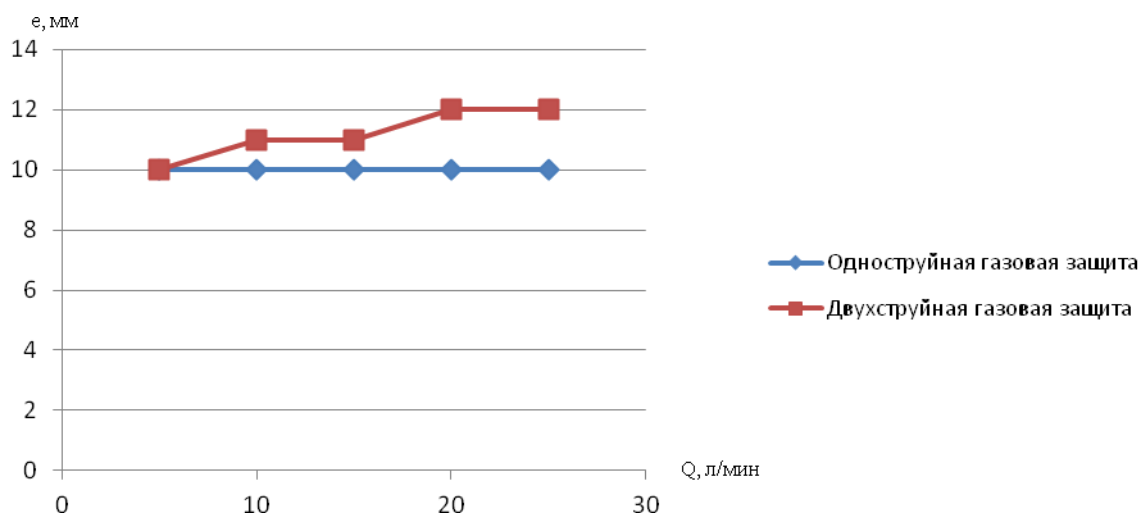


Рисунок 16 График изменения ширины шва в зависимости от расхода защитного газа:

1 – одноструйная газовая защита 2 - двухструйная газовая защита



### 3 Результаты проведенного исследования

На все геометрические размеры сварных швов ( $E$ ,  $h$ ,  $g$ ) соединений из стали 45 (в условиях данного опыта) оказывает влияние способ газовой защиты и расход защитного газа. Остальные значимые управляемые параметры (сварочный ток, напряжение, скорость сварки, вылет электродной проволоки) в условиях данного опыта не изменяли.

При увеличении расхода газа и соответственно скорости подачи газа наблюдается уменьшение глубины проплавления как для одноструйной так и для двухструйной газовой защиты. Усиление шва изменяется незначительно на всем диапазоне изменения расхода защитного газа. Ширина шва для традиционной газовой защиты не изменяется в зависимости от расхода защитного газа. В случае сварки с двухструйной газовой защитой ширина шва увеличивается с повышением расхода защитного газа, что объясняется высокой плотностью потока защитного газа и давлением его на поверхность жидкого металла сварочной ванны.

При сварке с двухструйной газовой защитой наблюдается плавный переход от сварного шва к основному металлу, что обеспечивает более высокую работоспособность сварных соединений. А при традиционной сварке наблюдается заметная выпуклость сварного шва, что является негативным фактором.

Анализ изменений глубины проплавления, ширины и усиления шва показал, что управляемый параметр режима сварки  $Q$  сильно влияет на формообразование сварного шва.

Состав защитного газа влияет на технологические характеристики процесса сварки. При сварке в смеси газов 82% Ar + 18% CO<sub>2</sub> наблюдался стабильный перенос электродного металла, небольшое разбрызгивание и хорошее формирование шва.

В лабораторных условиях с помощью термоанемометра Dwyer Series 471

измерили скорости потоков защитного газа на срезе сопла при разных расходах газа (таблица 10).

Таблица 10 - Расчетные и экспериментальные значения скоростей защитного газа при  $Q=10$  л/мин и  $Q = 20$  л/мин

Расход, л/мин	Расчетная скорость газа, м/с		Экспериментально полученная скорость газа, м/с	
	Традиционная	Двухструйная	Традиционная	Двухструйная
10	0,97	1,1	0,93	1,06
20	1,92	2,5	1,83	2,55

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что относительная погрешность не превышает 10 %.

Во время проведения эксперимента проводили съемку осциллограмм тока и напряжения с помощью цифрового осциллографа Agilent Technologies DSO1012A.

Анализ осциллограмм показал, что при одноструйной газовой защите в среднем цикл капельного перехода сварочную ванну за 0,017 секунды, а при двухструйной 0,021 секунды (рисунок 17).



а)



б)

Рисунок 17 Осциллограммы тока и напряжения

а) традиционная одноструйная газовая защита; б) двухструйная газовая защита

Во время проведения всего эксперимента проводилась высокоскоростная съемка с целью оценки воздействия струи защитного газа на капельный перенос и поверхность сварочной ванны. Полученное видео изображение было разложено на кадры. На рисунках 18, 19 представлены кадры переноса жидкого металла при традиционной одноструйной и двухструйной газовой защите при различных расходах защитного газа.

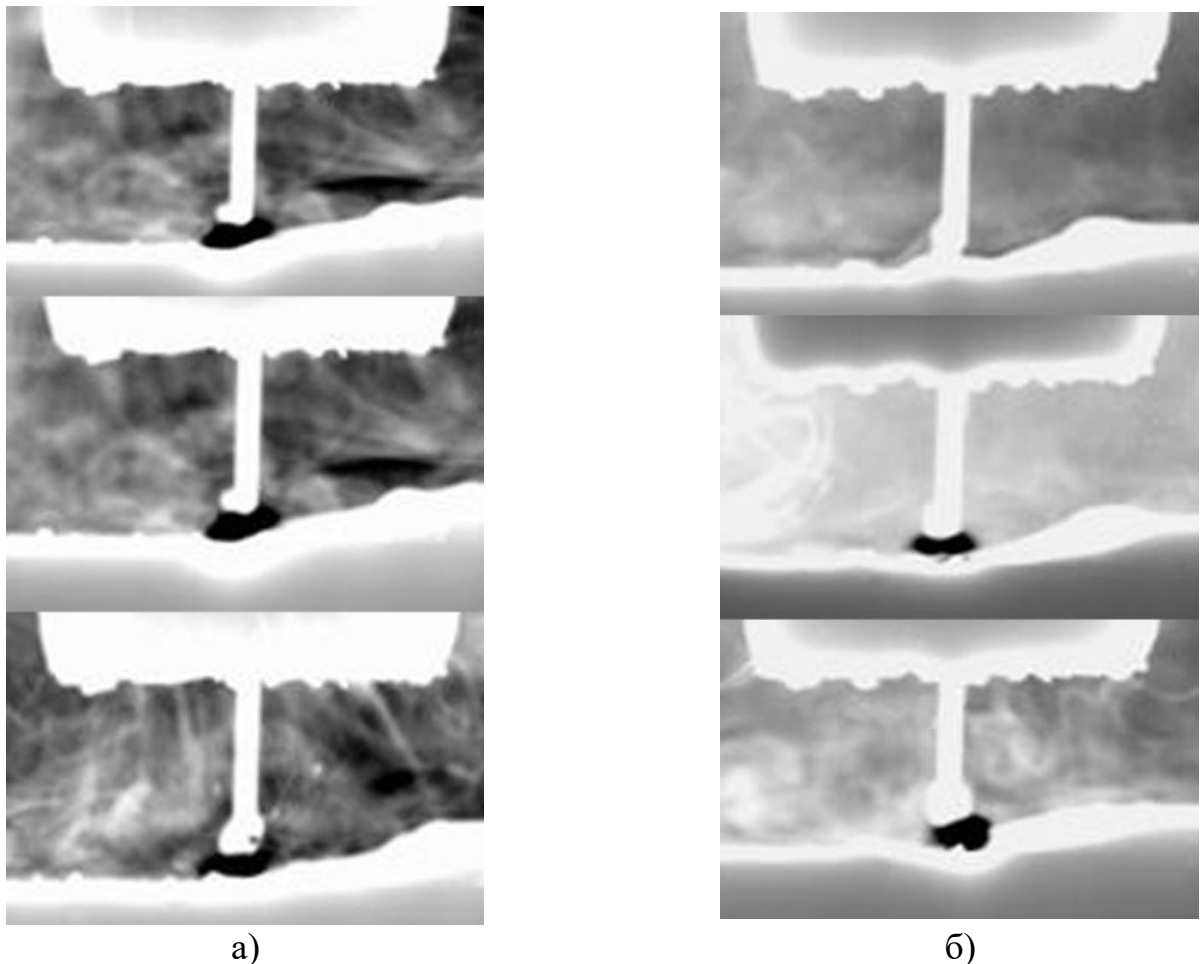


Рисунок 18 Кадры капельного переноса при традиционной одноструйной газовой защите при разном расходе смеси газа

а) Расход газа  $Q=10\text{л/мин}$ ; б) Расход газа  $Q=20\text{л/мин}$

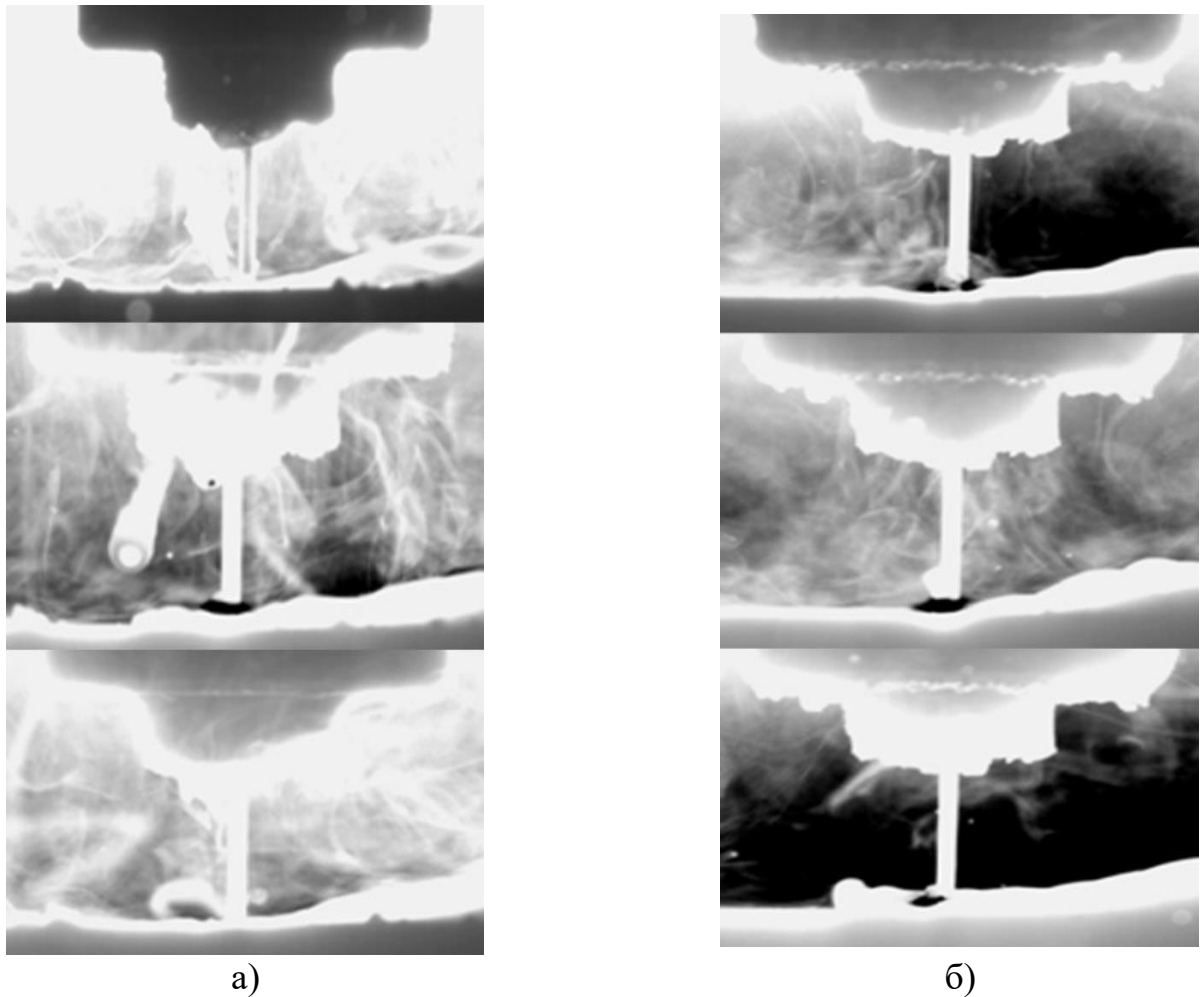


Рисунок 19 Кадры капельного переноса при двухструйной газовой защите при разном расходе смеси газа

а) Расход газа  $Q=10\text{л/мин}$ ; б) Расход газа  $Q=20\text{л/мин}$

С помощью анализа кадров было выявлено что при одноструйной газовой защите сварки размер капли в среднем 2,4 мм, при двухструйной усредненный размер 2,1 мм.

На основании изложенного можно сделать вывод, что при сварке плавящимся электродом скорость истечения газа из сварочного сопла оказывает значительное влияние на капельный перенос. Капельный перенос

происходит стабильнее при выборе подходящего способа газовой защиты и расхода газа. Это позволит управлять переносом электродного металла, стабилизировать процесс сварки на открытом пространстве в условиях сильного ветра.

#### 4 Выводы

1. Расход защитного газа существенно влияет на формообразование и геометрию сварного шва при сварке плавящимся электродом в двухструйной газовой защите, так как скорость истечения газа увеличивается намного больше нежели при одноструйной газовой защите. С увеличением скорости истечения защитного газа из сварочного сопла увеличивается газодинамическое воздействие на каплю электродного металла уменьшается, средний размер капли на 12,5% и возрастает частота переноса капель с электрода в сварочную ванну на 47%.

2. Газодинамика, расход и скорость истечения смеси защитного газа (82% Ar + 18% CO<sub>2</sub>), значительно влияет на процессы, протекающие при сварке, стабильность капельного переноса в сварочную ванну и ее гидродинамику.

3. По итогам проведенных исследований выявлено, что расход защитного газа оказывает существенное влияние на геометрию наплавляемого валика. Форма наплавленных валиков сварных швов в разрезе подтвердила влияние расхода защитного газа на формообразование слоя наплавочного металла, особенно при двухструйной газовой защите. Ширина шва увеличилась на 20%, а глубина проплавления на 32% снизилась за счет изменения способа газовой защиты. Газодинамическое управление формообразованием и геометрией сварного шва имеет большое практическое значение и дает возможность повысить эксплуатационную надежность сварной конструкции без дополнительных затрат.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Описание рабочего места

Объектом исследования является лаборатория кафедры сварочного производства ЮТИ НИ ТПУ г.Юрги. Размеры лаборатории: длина - 13м, ширина - 6м, высота - 2,5м. Материал стен - кирпич, материал пола и потолка - бетон и бетонные плиты. Количество оконных проемов - 2 и дверных - 1. Лаборатория занимает площадь, равную 78м<sup>2</sup>.

Для исследований применялись образцы (пластины) из конструкционной среднеуглеродистой качественной стали 45, автоматическая сварочная установка MECOME WP 1500, источник питания Shtorm-Lorch V 50 AC/DC, сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.

### 5.2 Анализ выявленных вредных факторов

Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги  
В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Лучистый поток теплоты оказывает негативное воздействие на рабочих, вызывая утомленность. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут

вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Рекомендуется использование светофильтров из темного стекла ЭЗ, С4.

#### Производственный шум

Источниками шума в лаборатории служит источник тока и треск при проведении сварочных работ. Шум неблагоприятно воздействует на работающего: ослабляет внимание, увеличивает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляет скорость психических реакций, в результате снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противοшумные наушники [42].

#### Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

При сварочных работах воздушная среда на участке загрязняется сварочными аэрозолями, в состав которых могут входить оксиды марганца, хрома, цинка и кремния, фтористые соединения, а также газы (оксиды углерода и азота, озон) и пыль. Эти вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм работающего.

Образующийся при сварке аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью – более 90% частиц, скорость витания частиц меньше 0,1 м/с.

Источником выделения вредных веществ также может быть краска, грунт или покрытие, находящиеся на кромках свариваемых деталей и попадающие в зону сварки. Для уменьшения выделения вредных веществ

поверхности свариваемых деталей должны при необходимости зачищаться от грунта и покрытия по ширине не менее 20 мм. от места сварки.

Каждое рабочее место оборудуется вытяжной вентиляцией, которая производит отбор загрязненного воздуха из рабочей зоны. Подвижность воздуха в зоне сварки должна быть 0,2-0,5 метров в секунду [42].

### 5.3 Анализ выявленных опасных факторов

#### Малая освещенность

Малая освещенность отрицательно сказывается на точности, качестве работ и производительности. Исследования показывают, что при хорошем освещении производительность труда повышается примерно на 15 %[45].

#### Электрический ток

В данной лаборатории используется сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380В. Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.1.030-81.

В лаборатории применяются искусственные заземляющие устройства, которые состоят из заземлителей и заземляющих проводников. Заземлители представляют собой стальные трубы диаметром 50...70 мм с толщиной стенок 3...5 мм. либо стержни из угловой стали размером 50x50x5 мм, забиваемые в землю на глубину 2...2,5 м с шагом, равным их длине, так, чтобы их верхние части были под поверхностью земли на глубине 0,5...0,8 м. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать 4 Ом [43].

#### Термические ожоги

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем



газовой горелки. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки и теплового излучения. Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключаяющие попадание искр и капель расплавленного металла.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

#### Пожаро-взрывобезопасность

Пожаро-взрывобезопасность производства определяется показателями пожаро-взрывоопасности веществ и материалов и их агрегатным состоянием. К этим показателям относится группа горючести, температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения, условия теплового самовозгорания [44].

#### 5.3.1 Обеспечение требуемого освещения в лаборатории

Основные требования и значения нормируемой освещенности рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95.

Исследования показывают, что при хорошем освещении производительность труда повышается примерно на 15 %[45].

При освещении помещений используют естественное освещение (создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода), искусственное освещение (создаваемое электрическими источниками света) и совмещенное освещение (при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным).

К числу источников света, выпускаемых нашей промышленностью, относятся лампы накаливания, люминесцентные лампы и лампы ртутные.

Основными показателями, определяющими выбор светильника при проектировании осветительной установки, следует считать: конструктивное исполнение светильника с учетом условий среды, светораспределение светильника и его экономичность.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняют методом коэффициента использования светового потока [45].

Величина светового потока лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (4)$$

где  $\Phi$  – световой поток каждой из ламп, лм;

$E$  – минимальная освещенность, лк,  $E=300$ лк для общего освещения;

$k$  – коэффициент запаса,  $k=1,5$  для помещений с малым выделением пыли;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $Z=0,9$  для светильников с люминесцентными лампами;

$n$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока,  $\eta=47\%$ .

Отсюда:

$$n = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{\eta \cdot \Phi}. \quad (5)$$

Для светильников типа ОД с лампой ЛБ  $\Phi=7445$  лм.

Площадь проектируемого участка составляет 78м<sup>2</sup>.

$$n = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 78 \cdot 0,9}{0,47 \cdot 7445} = 9,08. \quad (6)$$

Принимаем количество светильников, равным  $n=9$  шт.

Согласно проведенным расчетам, система освещения лаборатории КСП должна состоять из 9 двухламповых светильников типа ОД с люминесцентными лампами ЛБ мощностью 125 Вт, что соответствует количеству светильников в лаборатории [46].

### 5.3.2 Обеспечение оптимальных параметров микроклимата в лаборатории

#### Вентиляция и кондиционирование

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний.

Параметры микроклимата определены в санитарных нормах и правилах СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [47].

Параметры микроклимата: температура воздуха; влажность воздуха; скорость движения воздуха в помещениях; барометрическое давление; тепловое (инфракрасное) излучение от нагретых поверхностей.

Все рассмотренные выше параметры микроклимата должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим нормам.

Оптимальные нормы микроклимата следующие:

В холодный и переходный период года:

- температура  $17\div 20$  °С;
- относительная влажность –  $60\div 40$  %;
- скорость движения воздуха – 0,3 м/с.

В теплое время года:

- температура  $20\div 22$  °С;
- относительная влажность –  $60\div 40$  %;

– скорость движения воздуха – 0,4 м/с.

На текущий момент в лаборатории фактические параметры микроклимата соответствуют параметрам микроклимата в летнее время года.

Одним из основных мероприятий по оптимизации параметров микроклимата является обеспечение надлежащего воздухообмена.

Вентиляция – это система воздухообмена для удаления производственного вреда и создания в рабочей зоне воздушной среды, отвечающей санитарным нормам. Она используется для борьбы с избыточным теплом, влагой, вредными газами, парами и пылью.

Кондиционирование – наиболее совершенный вид промышленной вентиляции; он предназначен для создания наиболее оптимальных метрологических условий в производственных помещениях. Кондиционирование воздуха – это его автоматическая обработка с целью поддержания в производственных помещениях заранее заданных параметров микроклимата не зависимо от их изменения с наружи и технологических режимов внутри помещения. Кондиционеры могут быть местными (для обслуживания отдельных помещений) и центральные (для обслуживания нескольких отдельных помещений) [47].

### 5.3.3 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Нормативными документами по защите от поражения электротоком при проведении электросварочных работ являются «Правила устройства электроустановок», «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», «Инструкция по выполнению сетей заземления электроустановок». Все помещения делятся по степени опасности поражения людей электрическим током на три класса:

- I - без повышенной опасности;
- II - с повышенной опасностью;
- III - особо опасные.

ГОСТ 12.3.003-75 «Работы электросварочные. Общие требования безопасности» определяет следующий перечень основных видов средств защиты от поражения электрическим током: устройства оградительные, автоматического контроля и сигнализации, защитного заземления и зануления, автоматического отключения, выравнивания потенциалов и понижения напряжения, дистанционного управления; изолирующие устройства и покрытия; предохранительные устройства; знаки безопасности [48].

Для предотвращения ожогов от разбрызгивания расплавленного металла, иметься средства индивидуальной защиты.

Таблица 11 – Средства индивидуальной защиты

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Щиток защитный для э/сварщика типа НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Во избежание затекания расплавленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск.

Защита от движущихся механизмов [49].

#### 5.4 Охрана окружающей среды

Охрана воздушной среды. Очистка загрязнённого воздуха и отходящих газов, выделяющихся при технологических процессах и выбрасываемых в атмосферу, от содержащихся в них вредных твёрдых, жидких и газообразных примесей является основным способом охраны воздушной среды от загрязнения.

Для очистки выбрасываемого из лаборатории воздуха в окружающую среду достаточно производить улавливание пыли, аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха. В системе вентиляции предусмотрена установка с масляным фильтром EF-3000-4-4.6с. для очистки выбрасываемого воздуха от загрязнений. Для этого используют масляные фильтры. Пыль, проходя через лабиринты отверстий (вместе с воздухом), образуемых кольцами или сетками, задерживается на их смоченной масляным раствором поверхности. По мерам загрязнения фильтра кольца и сетки промывают в содовом растворе, а затем покрывают масляной плёнкой. Эффективность фильтров данного типа составляет 95...98 %.

В лаборатории основными отходами являются отходы твердых материалов (шлак, электроды и электродная проволока). Существует два пути утилизации металлических отходов: с переплавом и без переплава. В случае утилизации без переплава отпадает необходимость в переработке, но происходит загрязнение почв и растут общие объемы свалок, выделяемых

для сброса отходов производства.

При способе с переплавом металлические отходы переплавляются и появляется возможность использования отходов в дальнейшем производстве. Это приводит к увеличению эффективности производства, а также снижается уровень загрязнения окружающей среды, так как не требуется выделять площади под свалки, а металл используется практически стопроцентно.

### 5.5 Защита в чрезвычайной ситуации

Порядок подготовки населения в области защиты от ЧС утвержден постановлением Правительства РФ от 24.07.95г. №738.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в изучении технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем.

Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС. Основой этого направления является формирование планов действий в ЧС.

Документом, в котором отражены характер и масштабы опасностей на конкретном промышленном объекте и выработанные мероприятия по обеспечению промышленной безопасности и готовности к действиям в техногенных ЧС, является декларация безопасности промышленного объекта, которая разрабатывается организацией собственными силами и включает:

общую информацию об объекте; анализ опасности промышленного объекта; обеспечение готовности промышленного объекта к локализации и ликвидации ЧС; информирование общественности; ситуационный план объекта [50].

Пожарная безопасность предусматривает такое состояние объекта, при котором исключалось бы возникновение пожара, а в случае его возникновения предотвращалось бы воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивалась защита материальных ценностей.

В лаборатории применяются самые часто используемые средства пожаротушения:

- огнетушитель углекислотный ОУ-2 для тушения лакокрасочных материалов и электрооборудования под напряжением (до 1000 В)– 1шт.;
- песок (в ящике) для тушения электроустановок под напряжением.

## 5.6 Заключение

В результате проведенных работ мною были выявлены вредные и опасные условия, имеющие место на данном участке. Были использованы следующие методы защиты от влияния этих факторов:

- в лаборатории сварки лампы накаливания старого образца шумят, в связи с этим предлагаю заменить старые лампы накаливания на светильники нового образца безшумные;
- в место вытяжного шкафа использовать вытяжные зонды - данное решение вопроса фильтрации воздуха в лаборатории может быть оснащено сепаратором для удаления дыма и крупнодисперсной пыли.



## Заключение

В работе приведены и рассмотрены проблемы усовершенствования технологического процесса сварки в среде защитного газа плавящимся электродом, за счет влияния параметров газодинамической струи на процессы сварки, которое обретает обширное применение в различных отраслях промышленности.

На основании проведенных опытов и исследований, выявлено, что при сварке с условиями двухструйной газовой защиты плавящимся электродом значительное влияние на скорость капельного переноса электродного металла в сварочную ванну, на геометрию формообразования сварного шва, существенное воздействие оказывает газодинамические параметры струи защитного газа.

При изменении параметров газовой защиты сварки значительно изменяется геометрическая составляющая шва, т.е. это позволяет контролировать, изменять и управлять эксплуатационными свойствами свариваемых изделий и соединений. Таким образом, в различных условиях газовую защиту можно применять, не только как защиту от пагубного воздействия атмосферы, но даже как инструмент изменения процессов, протекающими при сварке.

## Список использованных источников

1. Вышемирский В.Е. Состояние и основные направления развития сварочного производства ОАО «Газпром» // Сварка и диагностика. – 2009. - № 1. – С. 16 – 19.
2. Сварка и свариваемые материалы: В 3 – х т. Т. 1. Свариваемость материалов: справ. изд./под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991 – 528с.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. – 3 – е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1990. – 528с.
4. Патон Б.Е., Воропай Н.М., Бучинский В.Н. и др. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки // Автоматическая сварка. – 1977. - № 1. – С. 1 – 5.
5. Потапьевский А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монографии/ А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
6. Ленивкин В.А., Дюргеров Н.Г., Сагиров Х.Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М.: Машиностроение. – 1989. – 264 с.
7. Сараев Ю.Н. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки. Новосибирск: ВО Наука, 1994. 108 с.
8. Федько В.Т. , Киянов С.С., Шматченко В.С., Сапожков С.Б. применение двухструйных сопловых устройств для сварки в среде защитных газов/ Автоматизации и современные технологии. 2003. № 3. С 12-18.

9. Штрикман М.М., Павлов А.С., Сабанцев А.Н., Егоров В.Н. Дуговая сварка с воздействием на сварочную ванну направленных газоструйных потоков / Сварочное производство. 1999. № 12. С. 3-6.
10. Чинахов Д.А., Федько В.Т., Сараев Ю. Н. Сварка легированных сталей в щелевую разделку без термообработки / Технология материалов. 2005. № 10. С. 27 – 29.
11. Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я., Крайко А. Н., Прокопов Г. П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. - М.: Наука, 1976. – 400 с.
12. Столбов В.И. Сварочная ванна: Монография. – Тольятти: ТГУ. – 2007. – 147 с.
13. Новожилов М.Н. Основы металлургии дуговой сварки в газах. – М.: Машиностроение. – 1979. – 231 с.
14. Грибовский Г., Кравчук Б., Ленивкин В.А. Влияние двухструйного кольцевого потока защитных газов на процесс сварки плавящимся электродом / Сварочное производство. – 1996. - № 4. – С. 6-8.
15. Федоренко Г.А. , Иванова И.В., Синяков К.А. Совершенствование технологического процесса сварки в защитных газах на ветру// Сварочное производство. – 2010. - № 1. – С. 6 – 13.
16. Чинахов Д.А. Сварка многослойных соединений из стали 30 ХГСА /Технология металлов. 2005. № 11. – С. 31 – 36.
17. Чинахов д.А. Влияние режимов сварки плавлением на структуру и свойства соединений из легированных сталей: монография / Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд – во Томского политехнического университета, 2010. – 114 с
18. Д-р-инж. Г. Грибовский, магистр-инж. К. Кравчук (Познаньская политехника, Польша), д-р техн. наук В. Д. Шишкин (Донской государственный технический университет) ISSN 0491-6441. Сварочное производство. 1996 № 4.

19. Чинахов Д.А., Воробьев А.В., Томчик А.А. Моделирование истечение газовых потоков из сопла при сварке плавящимся электродом с традиционной и двухструйной газовой защитой // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2011 №4 (53) – С.83 – 87.

20. Чинахов Д.А. Влияние двухструйной газовой защиты на эксплуатационные свойства сварных соединений судостроительной стали GL-E36 // Автоматическая сварка. – 2009. – № 9. – С. 39–42.

21. Потарьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

22. Ардентов В.В., Федоренко Г.А. О струйной защите при газoeлектрической сварке \ Сварочное производство. – 1973. - № 1. – С. 3-5.

23. Акулов А.И. и др. Технология и оборудование сварки плавлением, М-Л., Машиностроение, 1977. – 425 с.

24. Новиков О.М., Радько Э.П., Иванов Е.Н., Иванов Н.С. Разработка новых технологий дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсацтй газовых потоков и потенциалов ионизации \ Сварщик – профессионал. – 2006. - № 6. – С. 10-13, 16.

25. Шоршоров М.Х. Металловедение сварки стали и сплавов титана. М.: Издательство «Наука». – 1965. – 337 с.

26. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – 2-е изд., перераб. и доб.. М.: Машиностроение. – 1989. – 339 с.

27. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – Киев: Издательское объединение «Вища школа». – 1976. – 424 с.

28. Фролов В.В. Теория сварочных процессов при сварке. М.: Высш. шк 1988. – 559 с.

29. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. - М.: Машгиз. – 1951. – 296 с.

30. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 7 т. Том 4. Основы тепловых процессов в свариваемых изделиях. – Челябинск: Изд – во ЮУрГУ, 2006. – 547 с.

31. Д. А. Чинахов Газодинамическое влияние на микротвердость и геометрию шва при сварке в условиях двухструйной газовой защиты // Вестник инженерной школы ДВФУ [Электронный ресурс]. - 2013. - Режим доступа:/ <https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-15/9/>

32. Тарасов Н.М. Отрыв капли электродного металла кратковременным потоком газа // Автоматическая сварка. – 1986. - № 7. – С. 10 – 13.

33. Чинахов Д.А., Федько В.Т., Сараев Ю.Н. Способ сварки: Патент на изобретение «2233211 (РФ). Приоритет от 27.05.2003.7В 23К 9/173/В23К 103:04.Опубл.27.07.2004. Бюл.»21.

34. Шейко П.П., Жерносеков А.М., Шевчук С.А. Технологические особенности сварки плавящимся электродом низколегированных сталей с чередующей подачей защитных газов// Автоматическая сварка. – 1997. - № 8. – С. 32 – 36.

35. Хромченко Ф.А. Справочное пособие электросварщика // Машиностроение, 2005, 177 – 190 с.

36. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:/ <http://arsil.ru>

37. Крампит М.А. Изучение конструкции и принципа действия установки сварочной МЕСОМЕ WP1500. Лабораторный практикум: методические указания / М.А. Крампит – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2015. – 16 с.

38. Григорьева Е.Г., Чинахов Д.А. Современные способы предотвращения негативных явлений в процессе наплавки высокопрочных сталей // V Международная научно-практическая конференция

«Инновационные технологии и экономика в машиностроении». -2014. – С. 32-35.

39. Chinakhov D.A., Grigorieva E.G., Mayorova E.I. Study of gasdynamic effect upon the weld geometry when consumable electrode welding. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 127 (2016) 012013. doi:10.1088/1757-899X/127/1/012013

40. Бигеев А.М. Металлургия стали. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия. – 1988. – 480 с.

41. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=838](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=838)

42. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=666](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=666)

43. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=663](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=663)

44. ГОСТ 12.0.003-74 / Опасные и вредные производственные факторы // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/4/4650/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/4/4650/index.htm)

45. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/snip/2305-95/>

46. Расчеты по обеспечению комфорта и безопасности: учебное пособие. В.М. Гришагин, В.Я. Фарберов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 155 с.

47. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений застройки // [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.ntm.ru/control/37/6956>

48. ГОСТ 12.3.003-75 «Работы электросварочные. Общие требования безопасности» // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/97/162.htm>

49. Реферат: Обеспечение комфортности жизнедеятельности людей, как способ повышения уровня их защищенности // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://works.tarefer.ru/9/100082/index.html>

50. Масленные фильтры // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://front-energo.com/sovplim/filtr\\_maslo/filtr\\_maslo.pdf](http://front-energo.com/sovplim/filtr_maslo/filtr_maslo.pdf)