



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

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки	15.04.01 Машиностроение
ООП/ОПОП	Машины и технологии сварочного производства
Специализация	Машины и технологии сварочного производства
Отделение	электронной инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Обоснование выбора параметров режима сварки трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов

УДК 621.791.7.03:621.643.2-034

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM11	Иванов Александр Георгиевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич О.А.	к.б.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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



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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способностью осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов

ОПК(У)-6	Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способностью обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-8	Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности



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

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки	15.04.01 Машиностроение
ООП/ОПОП	Машины и технологии сварочного производства
Специализация	Машины и технологии сварочного производства
Отделение	электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ А.С. Гордынец
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич

Тема работы:

Обоснование выбора параметров режима сварки трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№39-35/с от 08.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	20.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	Разработка технологии сборки и автоматической сварки трубопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства. Тип производства – единичный.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников 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>	1. Описание объекта исследования. 2. Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. 2.1. Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах. 2.2. Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах. 3. Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и сварочными

	материалами отечественного производства. 4. Сварочные материалы. 4.1. Сварочные проволоки зарубежного производства. 4.2. Сварочные проволоки отечественного производства. 4.3. Защитные газы. 5. Разработка технологии сборки и автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов МКСТ «Технотрон». 5.1. Подготовительные работы, сборка, предварительный подогрев. 5.2. Автоматическая сварка изготавливаемой конструкции. 5.3. Дефекты сварки и методы их контроля. 6. Комплект технологической документации.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Конструктивные элементы кромок стыка труб; Сборка конструкции; Конструктивные элементы сварного шва; Схема выполнения сварного шва.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Антоневич О.А., к.б.н., доцент ООД ШБИП
Английский язык	Щеголихина Ю.В., к.ф.н., доцент ОИЯ ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1. Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов; 1.1. Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах; 1.2. Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич		



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

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.04.01 Машиностроение</u>
ООП/ОПОП	<u>Машины и технологии сварочного производства</u>
Специализация	<u>Машины и технологии сварочного производства</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич

Тема работы:

Обоснование выбора параметров режима сварки трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	20.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.02.2023	1. Описание объекта исследования	10
10.03.2023	2. Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. 2.1. Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах. 2.2. Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.	10
24.03.2023	3. Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и сварочными материалами отечественного производства.	10
03.04.2023	4. Сварочные материалы. 4.1. Сварочные проволоки зарубежного производства. 4.2. Сварочные проволоки отечественного производства. 4.3. Защитные газы.	10
20.04.2023	5. Разработка технологии сборки и автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов МКСТ «Технотрон». 5.1. Подготовительные работы, сборка, предварительный подогрев. 5.2. Автоматическая сварка изготавливаемой конструкции. 5.3. Дефекты сварки и методы их контроля.	10
28.04.2023	6. Комплект технологической документации.	10
10.05.2023	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10

20.05.2023	Выполнение раздела «Социальная ответственность»	10
30.05.2023	Выполнение раздела «Английский язык»	10
05.06.2023	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 154 с., 26 рис., 43 табл., 42 источника, 4 прил.

Ключевые слова: автоматическая сварка, проволока сплошного сечения, сварочный комплекс, сварочные материалы отечественного производства, оборудование отечественного производства, высокопроизводительная сварка.

Объектом исследования является автоматическая сварка трубопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства.

Цель работы – разработать технологию сборки и автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства.

В ходе работы проводились исследования существующих технологий автоматической сварки трубопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с использованием оборудованием и материалами зарубежного и отечественного производства, а также анализ химического состава и механических свойств используемых сварочных проволок.

В результате исследований и анализа существующих технологий автоматической сварки труб достигнута поставленная цель работы, заключающаяся в разработке технологии сборки и автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце сварочными комплексами УАСТ-1 может применяться для сварки корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов диаметром от 325 до 1420 мм включительно с толщиной стенки труб от 5,0 до 32,0 мм

включительно при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промышленных и магистральных газопроводов.

Степень внедрения: подготовлены теоретические исследования и комплект технологической документации для передачи заказчику.

Область применения: потребителями разработанной технологии могут являться компании и корпорации, занимающиеся транспортировкой, переработкой нефти и нефтепродуктов, а также транспортировкой газа, возможно применение данной технологии в теплоэнергетической промышленности.

Значимость работы заключается в создании высокопроизводительного процесса сварки трубопроводов с использованием оборудования и материалов отечественного производства.

В будущем планируется применение разработанной технологии на практике.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	14
1 АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ГАЗОПРОВОДОВ ПРОВОЛОКОЙ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ	17
1.1 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	18
1.1.1 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «CRC-Evans AW»	21
1.1.2 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Autoweld Systems»	23
1.2 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	24
1.2.1 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Saturnax»	26
1.2.2 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CWS.02	31
1.2.3 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой в защитных газах сварочными головками M300-C (M300)	34
1.3 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и сварочными материалами отечественного производства	38
1.3.1 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочным комплексом «Полисвар»	38
1.3.2 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочной головкой АДФ-1000	40
1.3.3 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочным комплексом МКСТ НПП «Технотрон»	42
1.4 Сварочные материалы	46
1.4.1 Сварочные проволоки зарубежного производства	46
1.4.2 Сварочные проволоки отечественного производства	49
1.4.3 Защитные газы	53

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ТРУБ ПРОВОЛОКОЙ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ МКСТ «ТЕХНОТРОН»	54
2.1 Подготовительные работы, сборка, предварительный подогрев	54
2.2 Автоматическая сварка изготавливаемой конструкции	57
2.3 Дефекты сварки и методы их контроля	63
2.4 Вывод по разделу	64
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	66
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	66
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	66
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	67
3.1.3 SWOT – анализ	68
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	69
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	69
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	70
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	71
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	75
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	75
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	76
3.3.3 Расчёт амортизационных отчислений.....	77
3.3.4 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	78
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	80
3.3.6 Накладные расходы	81
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	81
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	82

3.5 Вывод по разделу	85
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	89
4.1 Введение	89
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	89
4.2.1 Правовые нормы трудового законодательства	89
4.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	90
4.3 Производственная безопасность	93
4.3.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	94
4.3.2 Превышение уровня шума	95
4.3.3 Превышение уровня вибрации	96
4.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны	97
4.3.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	98
4.3.6 Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как инфракрасное излучение и ультрафиолетовое излучение	100
4.3.7 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	101
4.3.8 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	102
4.3.9 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	104
4.3.10 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	105
4.4 Экологическая безопасность	106
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	107
4.5.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве	107

4.5.2 Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть при разработке и изготовлении объекта исследования.....	108
4.6 Вывод по разделу	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	112
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	114
ПРИЛОЖЕНИЕ А Сварочные материалы для автоматической сварки газопроводов	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Комплект технологической документации	124
ПРИЛОЖЕНИЕ В Чертеж разрабатываемой конструкции	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Rationale for the choice of parameters of the pipeline welding regime when using domestic equipment and materials	137

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в связи с заметным увеличением стоимости добычи и транспортировки нефтегазовых продуктов на первый план выходит задача снижения себестоимости и сокращения сроков строительства трубопроводов. Известно, что на сварочно-монтажные работы приходится основная часть всего строительного периода. Именно поэтому при сооружении магистральных трубопроводов остро стоит проблема выполнения сварочных работ с высокой производительностью и стабильным качеством.

В 1968 году, например, фирма CRC–Evans первой в мире разработала и внедрила комплекс автоматической сварки, положивший начало принципиально новому этапу в развитии технологии сварки трубопроводов.

Отечественными производителями комплексов автоматической сварки и оборудования для автоматической сварки на сегодняшний день являются, например, ЗАО «Псковэлектросвар» [1], НПП «Технотрон» [2], АО «Уралтермосвар» [3], ЗАО «НПФ «ИТС» [4].

Системы автоматической сварки занимают лидирующее положение в мире и имеют следующие основные преимущества:

- стабильно высокое качество сварки от стыка к стыку на протяжении всего строительства;
- высокий коэффициент наплавки;
- снижение объёма наплавляемого металла;
- качественные и стабильные показатели механических свойств сварного соединения;
- устойчивое качество сварки, даже при незначительных ошибках оператора–сварщика;
- снижение физической нагрузки на оператора;
- снижение объемов используемого оборудования и количества занятого персонала при сварке труб большого диаметра с большой толщиной стенки.

Объектом исследования является технология автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов с использованием оборудования и сварочных материалов отечественного производства, которая будет обеспечивать требуемый темп сварочно-монтажных работ, высокие свойства и качество сварных соединений.

Потенциальными потребителями данной технологии могут являться компании и корпорации, занимающиеся транспортировкой, переработкой нефти и нефтепродуктов, а также транспортировкой газа, возможно применение данной технологии в теплоэнергетической промышленности.

Конструкция представляет собой участок трубопровода, состоящая из труб, соединенных встык при помощи сварки, и служит для транспортировки технологических жидкостей и газов.

Разрабатываемая технология сборки и автоматической сварки позволит получать качественные соединения труб с применением отечественного оборудования и сварочных материалов. Предложенные технические решения позволят оптимизировать процесс сварки и использовать отечественные сварочные материалы, что повысит качество выполняемых работ и производительность работ и при изготовлении ответственных конструкций.

Целями данной работы являются:

1. Изучение автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов при строительстве трубопроводов.
2. Рассмотрение применяемых способов автоматической сварки труб, их классификация.
3. Изучение комплексов автоматической сварки зарубежного и отечественного производства и оборудования, входящего в их состав.
4. Анализ сварочных материалов, используемых для автоматической сварки.
5. Разработка технологии автоматической сварки труб с применением оборудования и сварочных материалов отечественного производства.

6. Разработка комплекта технологической документации с описанием технологического процесса сборки и автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

7. Рассмотреть вопросы техники безопасности при выполнении сварочных работ.

8. Произвести анализ полученных результатов.

1 АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ГАЗОПРОВОДОВ ПРОВОЛОКОЙ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Существующая технология строительства линейной части магистральных газопроводов предусматривает применение баз двух типов: полустационарных и передвижных (мобильных). Применение трубосварочных баз позволяет механизировать сборочные операции, применять высокопроизводительные методы сварки, организовать поточный контроль качества сварочных работ. На полустационарных базах сварные соединения труб получают в поворотном положении с применением автоматической сварки под слоем флюса. При строительстве линейной части магистральных газопроводов применение каждого типа и их расстановка по трассе определяются технико-экономическими расчетами, условиями местности, степени механизации и автоматизации баз, производительности труда и т.п.

Автоматическая двухсторонняя (ААДП) и односторонняя (АПГ) сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочными комплексами (установками) в составе сборочно-сварочных колонн рекомендуется для сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб протяженных участков газопроводов, так как имеет высокую степень мобильности, что в свою очередь сказывается на производительности и сроки строительства. Еще одним преимуществом автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов является сварка в заузенную разделку кромок, способствующая минимизации тепловложений, которая, в свою очередь, уменьшает зону термического влияния, а также способствующая уменьшению объема наплавленного металла, что, соответственно, сказывается на производительности сварки и расходе сварочных материалов [5].

1.1 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах

Автоматическая двухсторонняя одно- или двухдуговая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах (ААДП) сварочными комплексами (установками) в составе сборочно-сварочных колонн рекомендуется для сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб протяженных участков газопроводов [5].

В состав сборочно-сварочной колонны должны входить:

- многоголовочный автомат однодуговой сварки изнутри трубы, совмещенный с внутренним самоходным центратором (один на сборочно-сварочную колонну);
- сварочные комплексы (установки) автоматической одно- или двухдуговой сварки снаружи трубы;
- станок подготовки кромок труб с гидро- или электроприводом в составе грузоподъемной гусеничной техники (один или два на сборочно-сварочную колонну);
- программатор параметров режимов автоматической двухсторонней одно- и двухдуговой сварки (один или два на сборочно-сварочную колонну);
- передвижная мастерская (блок-контейнер или на базе колесной техники) или самоходная мастерская на базе колесной или гусеничной техники (одна на сборочно-сварочную колонну) для наладки, ремонта оборудования и хранения запасных частей сборочно-сварочной колонны.

Количество сварочных комплексов (установок) в сборочно-сварочной колонне при поточно-расчлененном методе сварки определяется толщиной стенки труб газопровода и требуемой производительностью сварочно-монтажных работ. Для выполнения работ по ремонту сваркой изнутри трубы дефектных участков корневого слоя шва в состав сборочно-сварочной колонны должно входить сварочное оборудование для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (источники

сварочного тока, механизмы подачи проволоки, сварочные горелки) или ручной дуговой сварки (источники сварочного тока) [5].

Проволоки сплошного сечения, рекомендованные к применению для автоматической сварки в защитных газах внутреннего (корневого) и наружных (горячего прохода, заполняющих и облицовочного) слоев шва приведены в таблице А.1 (приложение А) [5].

Защитные газы (активные, инертные и их смеси), рекомендованные для автоматической сварки проволокой сплошного сечения внутреннего (корневого) и наружных (горячего прохода, заполняющих и облицовочного) слоев шва приведены в таблице А.2 (приложение А) [5].

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической двухсторонней сварки приведены на рисунке 1, значения геометрических параметров разделки кромок приведены в таблице 1. Разделка кромок концов труб должна быть выполнена механическим способом станками подготовки кромок типа СПК заблаговременно до начала сборочно-сварочных работ.

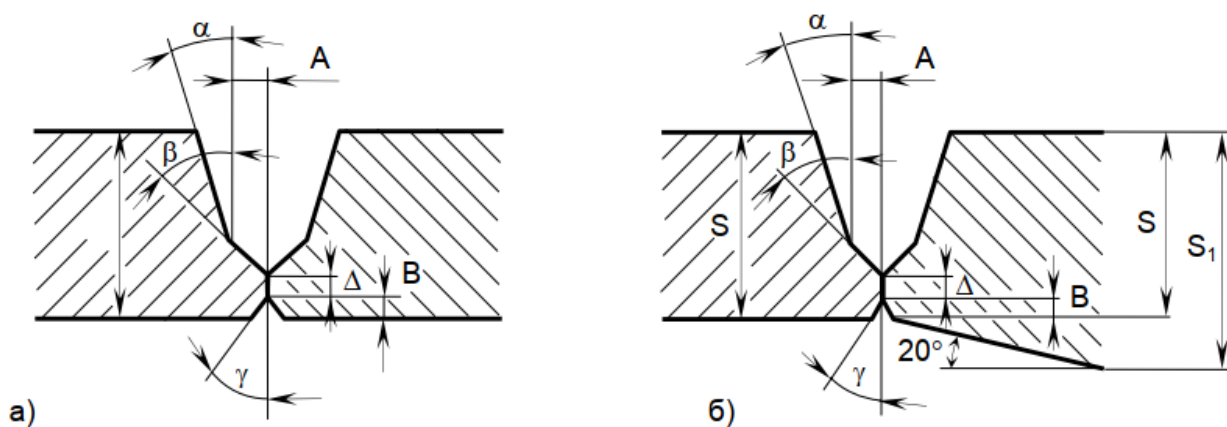


Рисунок 1 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах: а – соединение труб одной толщины стенки; б – соединение труб разной толщины стенки

Таблица 1 – Значения геометрических параметров разделки кромок для автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах

Обозначение параметра	Значение параметра
α	от $(5^\circ \pm 1^\circ)$ до $(10^\circ \pm 1^\circ)$
β	от $(45^\circ \pm 1^\circ)$ до $(52^\circ \pm 1^\circ)$
γ	$37,5^\circ \pm 1^\circ$
A, мм	от $(2,3 \pm 0,2)$ до $(3,6 \pm 0,2)$
B, мм	от $(1,0 \pm 0,2)$ до $(1,8 \pm 0,2)$
Δ , мм	от $(1,0 \pm 0,2)$ до $(1,8 \pm 0,2)$

Схема автоматической двухсторонней сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб приведена на рисунке 2.

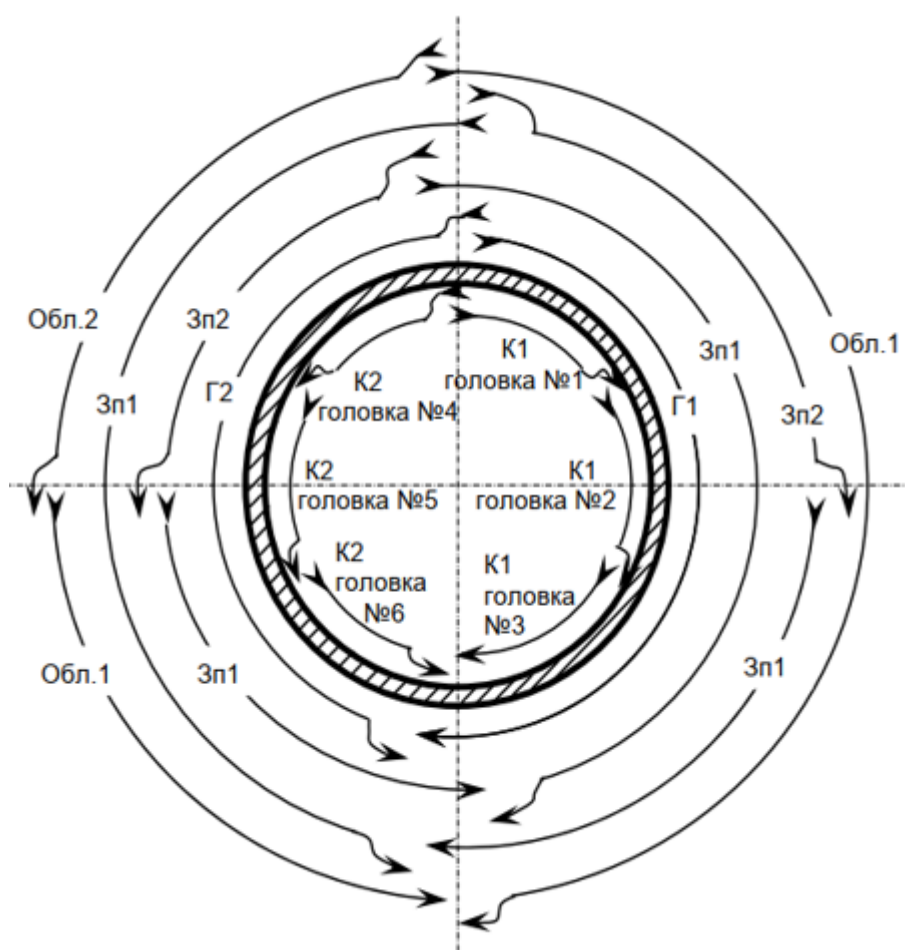


Рисунок 2 – Схема автоматической двухсторонней сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

1.1.1 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «CRC-Evans AW»

Сварочный комплекс фирмы «CRC-Evans AW» предназначен для автоматической двухсторонней одно- или двухдуговой сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (ААДП) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб газопроводов диаметром от 630 до 1420 мм [5].

Сварочным комплексом «CRC-Evans AW» выполняется:

- одnodуговая сварка многоголовочным автоматом «ИВМ» («IWM»), смонтированным на внутреннем самоходном центраторе, «на спуск» изнутри трубы внутреннего (корневого) слоя шва;
- одnodуговая сварка двумя сварочными головками «П-200» («P-200»), «П-260» («P-260») «на спуск» снаружи трубы «горячего прохода», заполняющих и облицовочного слоев шва;
- двухдуговая сварка двумя сварочными головками «П-600» («P-600») «на спуск» снаружи трубы двухваликовых заполняющих и облицовочного слоя шва.

На рисунке 3 изображен многоголовочный автомат ИВМ» («IWM»), смонтированный на внутреннем самоходном центраторе.



Рисунок 3 – Внутренняя сварочная станция «ИВМ» («IWM»)

На рисунке 4 изображена сварочная головка «П-260» («P-260»), предназначенная для одnodуговой сварки снаружи трубы заполняющих и облицовочного слоев шва [5].

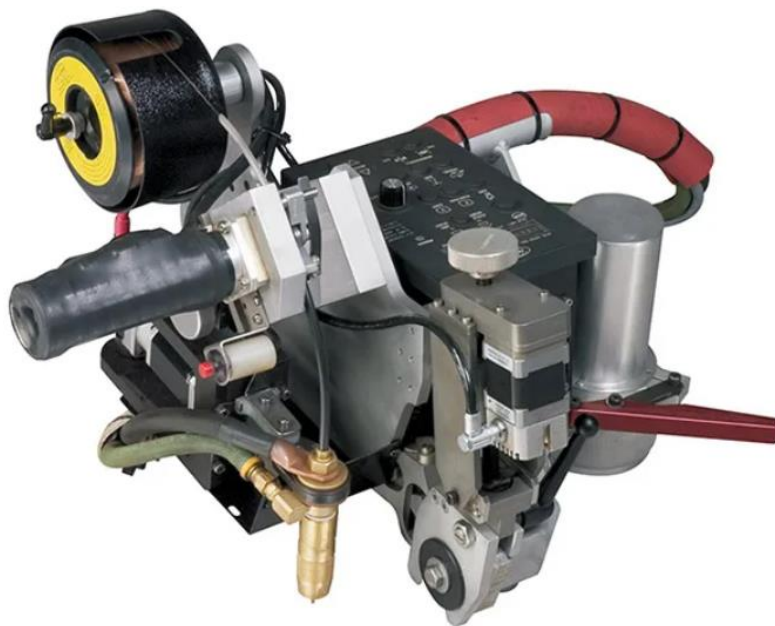


Рисунок 4 – Сварочная головка «П-260» («P-260»)

На рисунке 5 изображена сварочная головка «П-600» («P-600»), предназначенная для двухдуговой сварки снаружи трубы заполняющих и облицовочного слоев шва.



Рисунок 5 – Сварочная головка «П-600» («P-600»)

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом «CRC-Evans AW» должны соответствовать требованиям рисунка 1 и таблицы 1. Схема выполнения сварки должна соответствовать требованиям схемы, изображенной на рисунке 2, при этом количество слоев шва регламентируется в операционно-технологической карте на сборку и сварку в зависимости от толщины стенки.

1.1.2 Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Autoweld Systems»

Сварочный комплекс фирмы «Autoweld Systems» предназначен для автоматической двухсторонней однодуговой сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (ААДП) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб газопроводов диаметром от 630 до 1420 мм [5].

Сварочным комплексом «Autoweld Systems» выполняется:

- однодуговая сварка многоголовочным автоматом «ВМС», смонтированном на внутреннем самоходном центраторе, «на спуск» изнутри трубы корневого слоя шва;
- однодуговая сварка двумя сварочными головками «ВГС» «на спуск» снаружи трубы горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев шва.

Сварка выполняется несколькими сварочными комплексами (установками) в составе сборочно-сварочной колонны по поточно-расчлененной схеме (корневой слой шва – многоголовочным автоматом, совмещенным с внутренним самоходным центратором, «горячий проход» шва – одним сварочным комплексом, заполняющие слои – одним или несколькими сварочными комплексами, облицовочный слой – одним сварочным комплексом), либо многоголовочным автоматом – корневого слоя шва и одним сварочным комплексом с двумя сварочными головками горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев шва [5].

В сварочный комплекс (установку) «Autoweld Systems» для автоматической однодуговой сварки снаружи трубы входят:

- две сварочные головки «ВГС» с механизмами подачи сварочной проволоки пультами дистанционного управления (одна резервная – рекомендательно) для однодуговой сварки всех слоев шва (корневой слой, «горячий проход», заполняющие и облицовочный слой);

- направляющий пояс на две сварочные головки (один резервный – рекомендательно);

- агрегат энергообеспечения с дизель-генератором на базе колесной или гусеничной техники с двумя отдельными источниками сварочного тока инверторного или тиристорного типа на сварочный комплекс (один резервный – рекомендательно), со стрелой установки и перемещения защитных инвентарных укрытий (палаток), с рампой баллонов защитных газов, газовыми смесителями с оборудованием контроля состава смеси газов [5].

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом «Autoweld Systems» должны соответствовать требованиям рисунка 1.

1.2 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах

Автоматическая односторонняя одно- или двухдуговая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах (АПГ) сварочными комплексами (установками) в составе сборочно-сварочных колонн рекомендуется для сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб протяженных участков газопроводов [5].

В состав сборочно-сварочной колонны должны входить:

- сварочные комплексы (установки) автоматической односторонней сварки;

- внутренний самоходный центратор с медным подкладным кольцом с пневмо-или гидроприводом (один на сварочную колонну);
- станок подготовки кромок труб с гидро- или электроприводом в составе грузоподъемной гусеничной техники (один или два на сборочно-сварочную колонну);
- программатор параметров режимов автоматической односторонней одно- и двухдуговой сварки (один или два на сборочно-сварочную колонну);
- передвижная мастерская (блок-контейнер или на базе колесной техники) или самоходная мастерская на базе колесной или гусеничной техники (одна на сварочную колонну) для наладки, ремонта оборудования и хранения запасных частей сборочно-сварочной колонны [5].

Количество сварочных комплексов (установок) в сборочно-сварочной колонне при поточно-расчлененном методе сварки определяется толщиной стенки труб газопровода и требуемой производительностью сварочно-монтажных работ.

Проволоки сплошного сечения, рекомендованные для автоматической односторонней сварки, приведены в таблице А.1 (приложение А).

Защитные газы (активные, инертные и их смеси), рекомендованные для автоматической односторонней сварки, приведены в таблице А.2 (приложение А).

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической односторонней сварки регламентируются особенностями технологии автоматической сварки сварочными комплексами. Разделка кромок концов труб должна быть выполнена механическим способом станками подготовки кромок типа СПК заблаговременно, до начала сборочно-сварочных работ [5].

1.2.1 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Saturnax»

Сварочный комплекс (установка) «Saturnax» (фирмы «Serimax») предназначен для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (АПГ) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб газопроводов диаметром от 159 до 1420 мм [5].

Сварочным комплексом «Saturnax» выполняется:

- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы корневого слоя и «горячего прохода» на медном подкладном кольце, установленном между рядами жимков внутреннего центризатора;
- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы двухваликовых заполняющих слоев шва;
- односторонняя двухдуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы двухваликового облицовочного слоя шва;
- односторонняя однодуговая сварка всех слоев шва, а также корректирующих слоев или отдельных слоев шва в случаях отказа одной из двух сварочных горелок при двухдуговой сварке [5].

Сварка выполняется несколькими сварочными комплексами в составе сборочно-сварочной колонны по поточно-расчлененной схеме (корневой слой шва и «горячий проход» шва – одним сварочным комплексом, двухваликовые заполняющие слои – одним или несколькими сварочными комплексами, двухваликовый облицовочный слой – одним сварочным комплексом), либо одним сварочным комплексом с двумя сварочными головками всех слоев шва.

В сварочный комплекс «Saturnax» входят:

- две сварочные головки с пультами дистанционного управления (одна резервная – рекомендательно) для двухдуговой сварки всех слоев шва (корневой слой и «горячий проход», двухваликовые заполняющие слои, двухваликовый облицовочный слой);

– один блок автоматического управления параметрами режимов сварки на каждую сварочную головку, совмещенные с блоками контроля и записи параметров режимов сварки;

– один совмещенный блок механизмов подачи сварочной проволоки на каждую сварочную головку, включающий систему распределения и контроля расхода защитного газа;

– блок автоматического управления на две сварочные головки;

– направляющий пояс на две сварочные головки (один резервный – рекомендательно);

– агрегат энергообеспечения с дизель-генератором на базе колесной или гусеничной техники с четырьмя отдельными источниками сварочного тока инверторного или тиристорного типа на сварочный комплекс (один резервный – рекомендательно), со стрелой установки и перемещения защитных инвентарных укрытий (палаток), с рампой баллонов защитных газов, газовыми смесителями с оборудованием контроля состава смеси газов [5].

На рисунке 6 изображен внутренний центратор с подкладным медным кольцом между жимками для автоматической сварки комплексом «Saturnax».

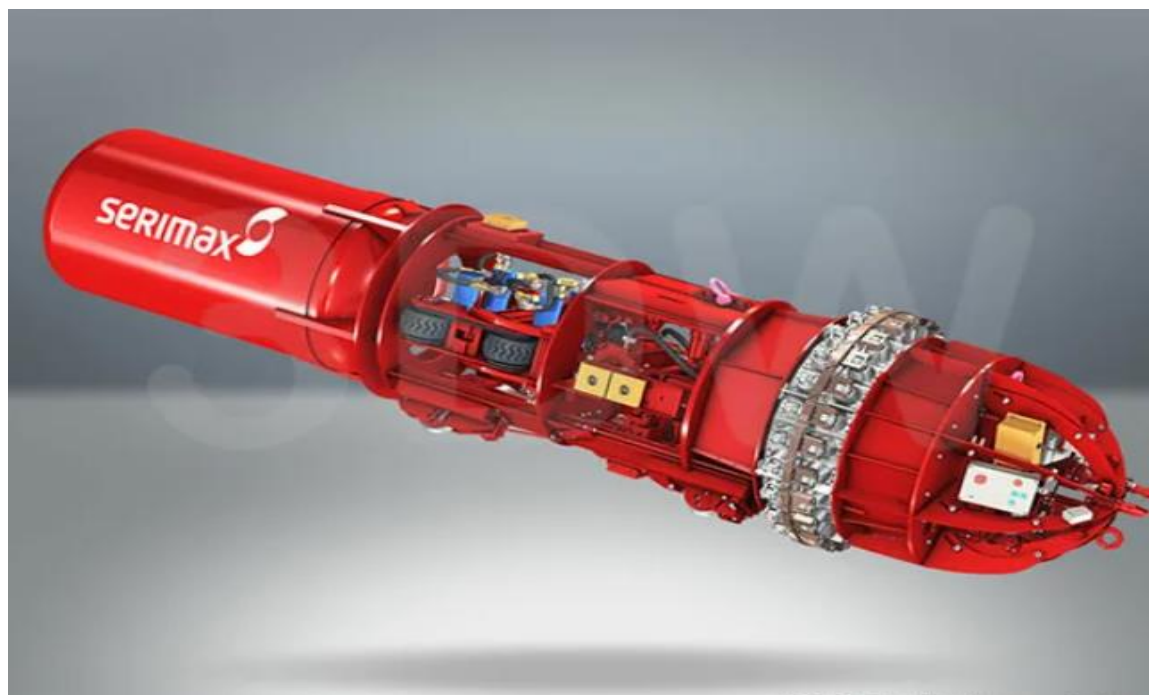


Рисунок 6 – Внутренний центратор комплекса «Saturnax»

На рисунке 7 изображена сварочная головка для автоматической сварки комплексом «Saturnax».

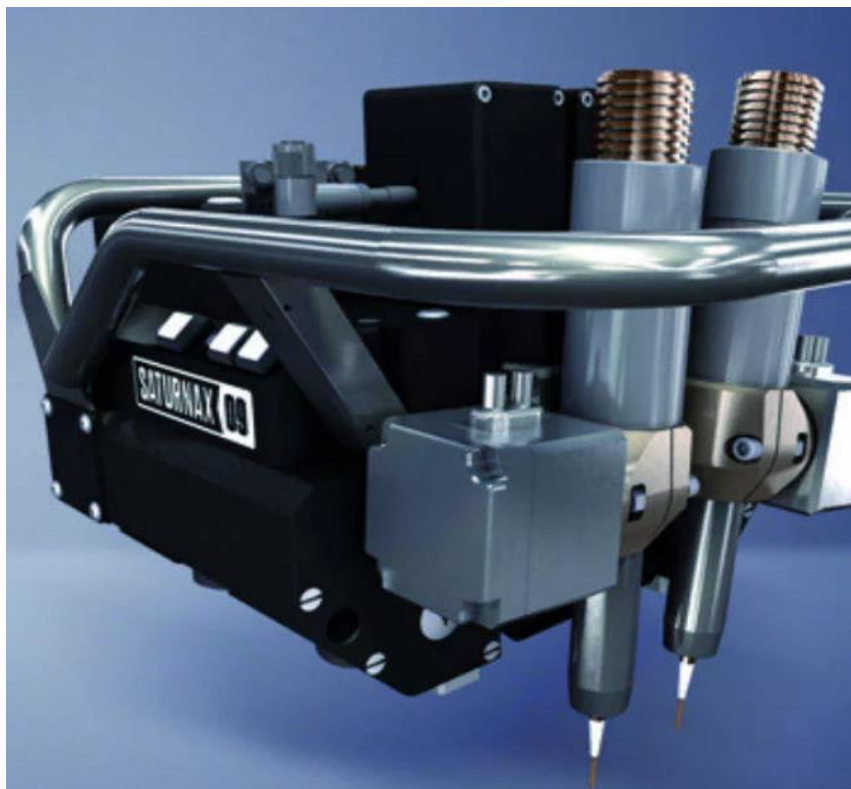


Рисунок 7 – Сварочная головка комплекса «Saturnax»

Сварка всех слоев шва (корневого слоя, «горячего прохода», заполняющих и облицовочного слоя) выполняется в смеси защитных газов с постоянным процентным содержанием (пределами) каждого газа (50 % CO_2 + 50 % Ar).

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом «Saturnax» должны соответствовать требованиям рисунка 8.

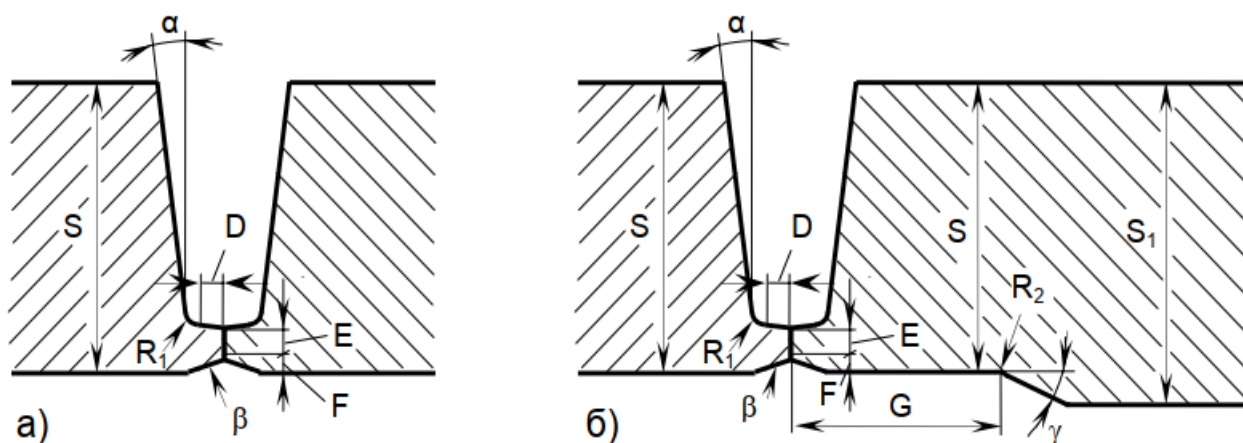


Рисунок 8 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом «Saturnax»: *a* – соединение труб одной толщины стенки; *б* – соединение труб разной толщины стенки

Значения геометрических параметров разделки кромок для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах комплексом «Saturnax» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения геометрических параметров разделки кромок для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах комплексом «Saturnax»

Обозначение параметра	Величина параметра
$\alpha, ^\circ$	$5,0 \pm 2,0$
$R_1, \text{мм}$	$2,4 \pm 0,8$
$D, \text{мм}$	$0,1 \pm 0,1$
$E, \text{мм}$	$2,1 \pm 0,2$
$F, \text{мм}$	$2,3 \pm 0,2$
$\beta, ^\circ$	$4,0 \pm 1,0$
$\gamma, ^\circ$	$25 \pm 5,0$
$G, \text{мм}$	80 ± 10
$R_2, \text{мм}$	$3,0 \text{ min}$

Геометрические параметры сварного шва, выполненного сварочным комплексом «Saturnax», приведены на рисунке 9.

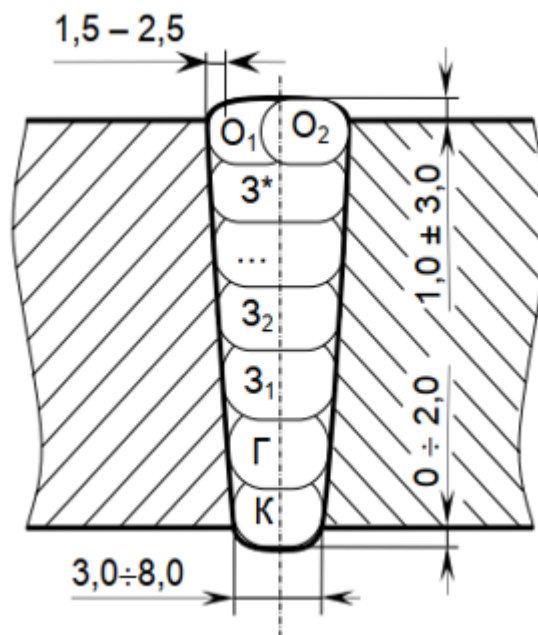


Рисунок 9 – Геометрические параметры сварного шва, выполненного сварочным комплексом «Saturnax»

Рекомендуемая схема сварки комплексом «Saturnax» неповоротных кольцевых стыковых соединений труб приведена на рисунке 10.

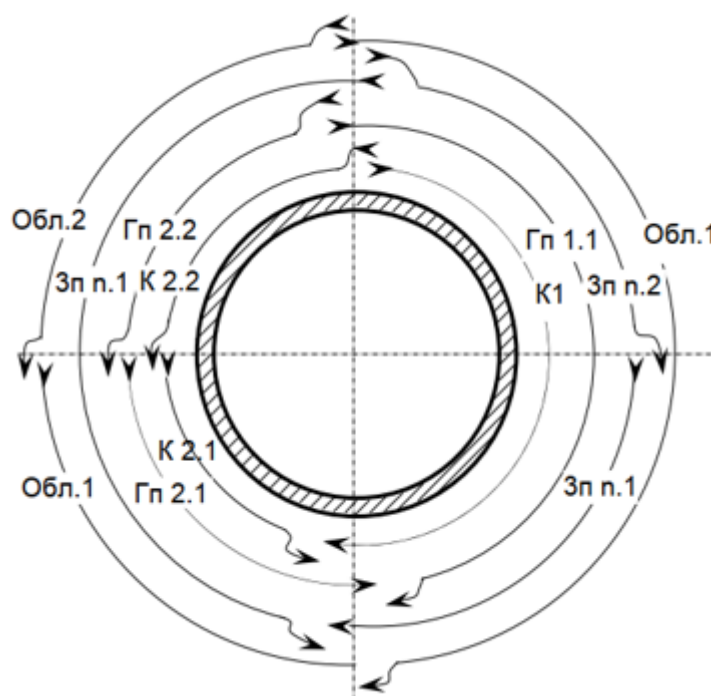


Рисунок 10 – Рекомендуемая схема автоматической односторонней сварки комплексом «Saturnax» неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

1.2.2 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CWS.02

Сварочный комплекс (установка) CWS.02 (фирмы «PWT») предназначен для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (АПГ) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб газопроводов диаметром от 426 до 1420 мм [5].

Сварочным комплексом CWS.02 выполняется:

- односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы корневого слоя на медном подкладном кольце, установленном между рядами жимков внутреннего центриатора;
- односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы заполняющих слоев шва;
- односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы облицовочного слоя шва.

Сварка выполняется несколькими сварочными комплексами в составе сварочной колонны по поточно-расчлененной схеме (корневой слой шва – одним сварочным комплексом, заполняющие слои – одним или несколькими сварочными комплексами, облицовочный слой – одним сварочным комплексом), либо одним сварочным комплексом с двумя сварочными головками всех слоев шва.

В сварочный комплекс CWS.02 входят:

- две сварочные головки с механизмами подачи сварочной проволоки (одна резервная – рекомендательно), пультами дистанционного управления для однодуговой сварки всех слоев шва (корневой слой, заполняющие слои, облицовочный слой);
- направляющий пояс на две сварочные головки (один резервный – рекомендательно);
- агрегат энергообеспечения с дизель-генератором на базе колесной или гусеничной техники с двумя отдельными специальными источниками

сварочного тока на сварочный комплекс (один резервный – рекомендательно), с двумя блоками автоматического управления параметрами режимов сварки на сварочный комплекс, совмещенных с блоками контроля параметров режимов сварки, со стрелой установки и перемещения защитных инвентарных укрытий (палаток), с рампой баллонов защитных газов, газовыми смесителями с оборудованием контроля расхода и состава смеси газов [5].

После сборки стыкового соединения следует простучать его по всему периметру кувалдой с ударной частью из цветного металла для более плотного прилегания секторов медного подкладного кольца к внутренней поверхности трубы.

Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом CWS.02 должны соответствовать требованиям рисунка 11 и таблицы 3.

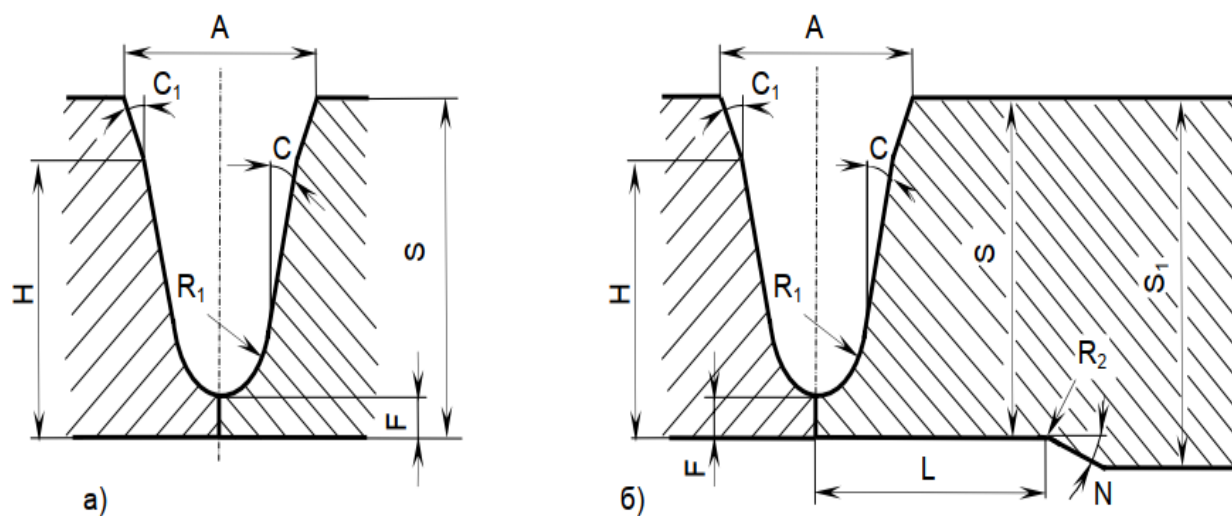


Рисунок 11 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для сварки комплексом CWS.02: *а* – соединение труб одной толщины стенки; *б* – соединение труб разной толщины стенки

Таблица 3 – Значения геометрических параметров разделки кромок для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах комплексом CWS.02

Обозначение параметра	Величина параметра
C, °	10 ₋₂
C ₁ , °	12 ₋₂
F, мм	2,0 ± 0,2
R ₁ , мм	3,2
H, мм	14,5
L, мм	50 ± 10
N, °	25 ± 5
R ₂ , мм	3,0 min

Рекомендуемая схема сварки комплексом CWS.02 неповоротных кольцевых стыковых соединений труб приведена на рисунке 12.

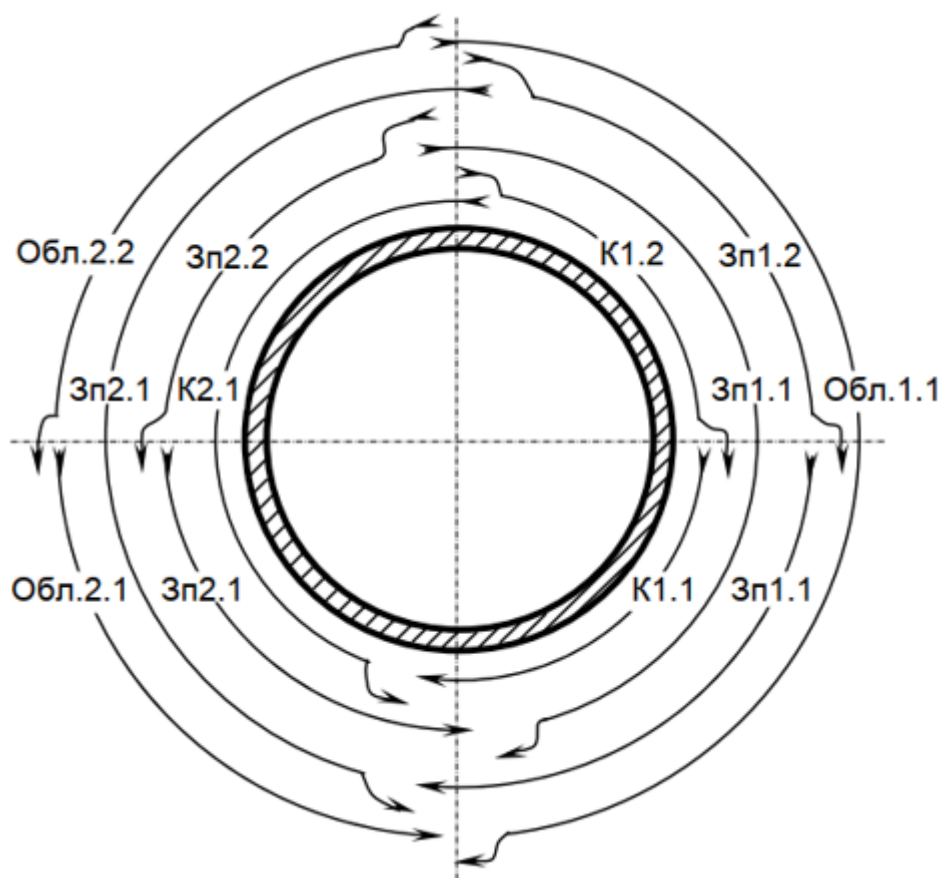


Рисунок 12 – Рекомендуемая схема сварки комплексом CWS.02 неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Геометрические параметры сварного шва, выполненного сварочным комплексом CWS.02, приведены на рисунке 13.

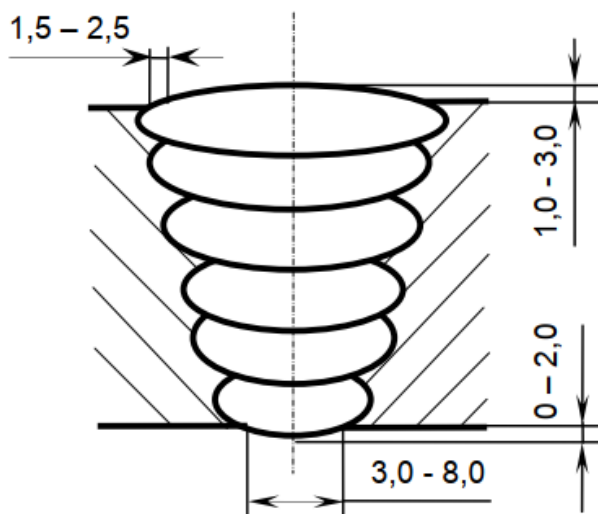


Рисунок 13 – Геометрические параметры сварного шва, выполненного сварочным комплексом CWS.02

1.2.3 Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой в защитных газах сварочными головками М300-С (М300)

Сварочные головки М300-С (М300) (фирмы «CRC-Evans AW») предназначены для автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (ААДП) корневого слоя методом STT и порошковой проволокой в защитных газах (АПИ) горячего прохода, заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб газопроводов одной толщины стенки диаметром от 426 до 1420 мм [5].

Сварочным головками М300-С (М300) выполняется:

– односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» снаружи трубы корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в защитных газах методом STT;

– односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на спуск» или «на подъем» снаружи трубы горячего прохода шва порошковой проволокой в защитных газах;

– односторонняя однодуговая сварка двумя сварочными головками «на подъем» снаружи трубы заполняющих и облицовочного слоев шва порошковой проволокой в защитных газах.

Кромки труб для сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в защитных газах методом STT должны иметь нормативную заводскую разделку, либо должны быть подготовлены механическим способом станками подготовки кромок типа СПК в соответствии с требованиями рисунка 14.

Проволоки сплошного сечения, порошковые проволоки, рекомендованные для сварки головками М300-С (М300), приведены в таблице А.1 (приложение А).

Сварка всех слоев шва (корневого слоя, «горячего прохода», заполняющих и облицовочного слоев шва) выполняется в смеси защитных газов с постоянным процентным содержанием (пределами) каждого газа (75 % Ar + 25 % CO₂) [5].

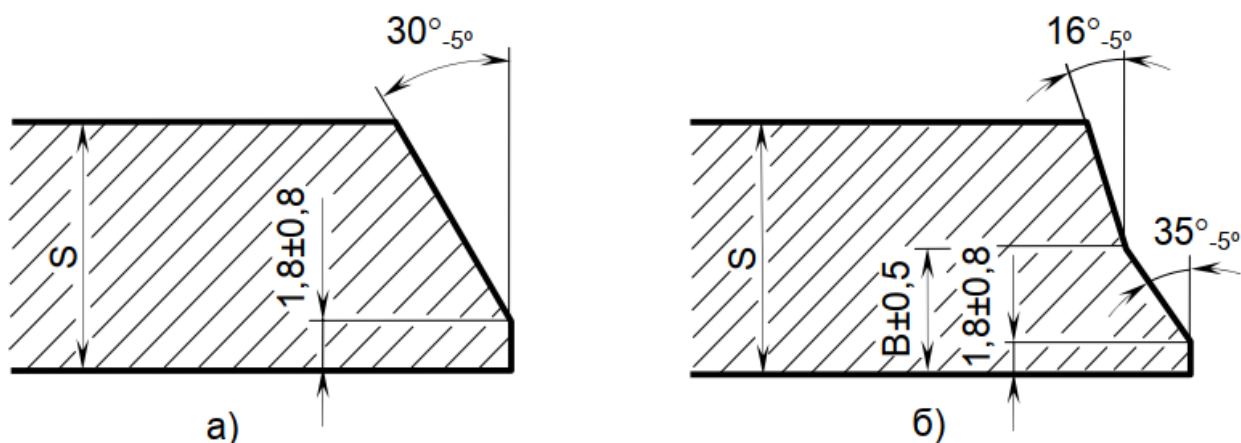


Рисунок 14 – Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку: а – трубы с толщиной стенки (S) до 15,0 мм включ.; б – трубы с толщиной стенки св. 15,0 мм

Сварка выполняется несколькими сварочными комплексами (установками) в составе сборочно-сварочной колонны по поточно-расчлененной схеме (корневой слой шва – одним сварочным комплексом, горячий проход шва – одним сварочным комплексом, заполняющие слои – одним или несколькими сварочными комплексами, облицовочный слой – одним или несколькими сварочными комплексами), либо одним сварочным комплексом с двумя сварочными головками всех слоев шва.

В сварочный комплекс (установку) входят:

- две сварочные головки М300-С (М300) с механизмами подачи сварочной проволоки (одна резервная – рекомендательно), с пультами дистанционного управления для однодуговой сварки всех слоев шва (корневой слой, «горячий проход», заполняющие слои, облицовочный слой);
- два электронных блока управления параметрами режимов сварки на каждую сварочную головку;
- направляющий пояс на две сварочные головки (один резервный – рекомендательно);
- агрегат энергообеспечения с дизель-генератором на базе колесной или гусеничной техники с двумя специальными источниками сварочного тока инверторного типа (Invertec STT II) для сварки корневого слоя шва методом STT на каждую сварочную горелку (один резервный – рекомендательно), двумя источниками сварочного тока инверторного или тиристорного типа на каждую сварочную головку (один резервный – рекомендательно) для сварки «горячего прохода», заполняющих и облицовочного слоев шва и не менее одного резервного, со стрелой установки и перемещения защитных инвентарных укрытий (палаток), с рампой баллонов защитных газов, газовыми смесителями с оборудованием контроля расхода и состава смеси газов [5].

На рисунке 15 изображена сварочная головка М300-С, представляющая собой сварочный автомат с многопроцессорным управлением.



Рисунок 15 – Сварочная головка М300-С

Рекомендуемая схема сварки головками М300-С (М300) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб приведена на рисунке 16.

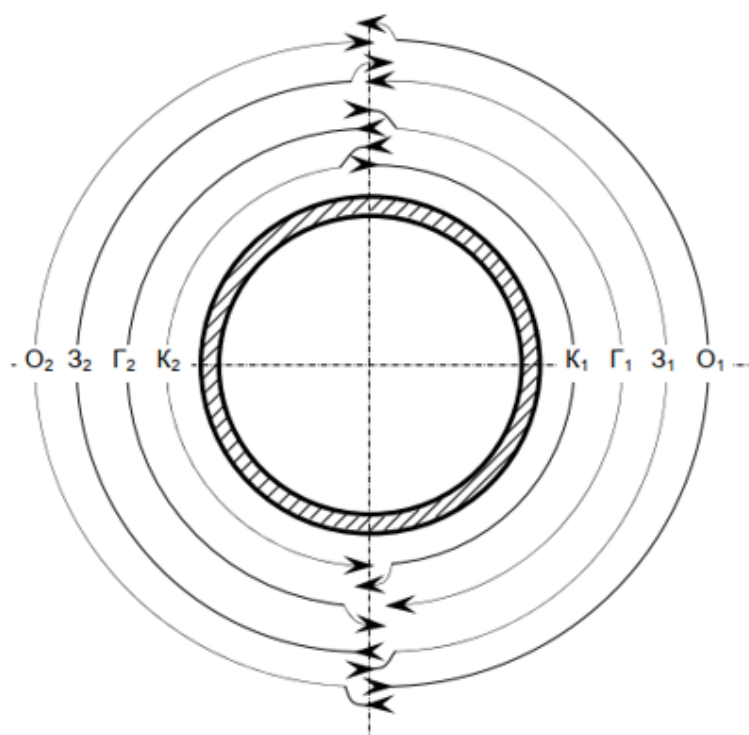


Рисунок 16 – Рекомендуемая схема сварки головками М300-С (М300) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

1.3 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и сварочными материалами отечественного производства

На сегодняшний день существует достаточное количество отечественных производителей комплексов автоматической сварки и их комплектующих, а также источников питания для автоматической сварки, как, например, ЗАО «Псковэлектросвар» [1], НПП «Технотрон» [2], АО «Уралтермосвар» [3], ЗАО «НПФ «ИТС» [4].

Предложенные технические решения и обоснование выбора параметров режима сварки разрабатываемой технологии позволят оптимизировать процесс сварки и использовать отечественные сварочные материалы, что повысит качество выполняемых работ и производительность работ и при изготовлении ответственных конструкций.

1.3.1 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочным комплексом «Полисвар»

Комплекс автоматической сварки газопроводов «Полисвар» производства ЗАО «Уралтермосвар» предназначен для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов электродной проволокой в защитных газах [3].

Комплекс обеспечивает:

- сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе;
- сварку заполняющих и облицовочного слоев шва проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой в защитных газах.

Комплекс состоит из источника сварочного тока - выпрямителя ВДУ-500 Урал-Орбита, орбитальной сварочной головки "Polyscar Pipe" (Поликар Пайп) фирмы Polysoude S.A.S. (Франция), блока управления головкой и поясов для установки головки на трубу. Головка обеспечивает:

перемещение по направляющему поясу, регулировку: высоты горелки, поперечных колебаний горелки с задержкой на кромках и угла наклона (по заказу - автоматическая регулировка угла наклона горелки). Сварочная головка может работать при любом уклоне трубы.

Программирование режимов сварки производится на ноутбуке, с которого далее программы передаются в блок управления головкой; всего 99 программ.

Весь процесс сварки ведется одним оператором, который может изменять все установленные параметры с помощью пульта дистанционного управления [3].

Таблица 4 – Технические характеристики комплекса «Полисвар»

Диаметр свариваемых труб, мм	от 168
Последовательность сварки	360° или 2 х 180° («на спуск» или «на подъем»)
Линейная скорость сварочной головки, мм/мин	до 1000
Диаметр сварочной проволоки, мм	до 1,6
Размер катушки с проволокой	Ø 200 мм; 5 кг
Масса сварочной головки, кг	16



Рисунок 17 – Сварочный комплекс газопроводов «Полисвар»

1.3.2 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочной головкой АДФ-1000

Сварочная головка производства ЗАО «НПФ «ИТС» для дуговой сварки плавящимся электродом сварочного автомата АДФ-1000, с естественным охлаждением токопроводящей части сварочной головки и сопла, с плавным регулированием скорости подачи электродной проволоки, предназначена для комплектации сварочного оборудования (колонн, порталов), используемого для автоматической однослойной и многослойной сварки под флюсом и в защитных газах на постоянном токе прямолинейных стыковых и угловых швов, швов в «тавр» и стыковых швов с разделкой и без разделки кромок [4].



Рисунок 18 – Сварочная головка АДФ-1000 с системой слежения по стыку

В таблице 5 приведены технические характеристики сварочной головки АДФ-1000, применяемой для автоматической сварки под слоем флюса и автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Таблица 5 – Технические характеристики сварочной головки АДФ-1000

Напряжение питания блока управления, В	42, переменный
Номинальный сварочный ток (при ПВ=100%), А	Определяется источником
Пределы регулирования сварочного тока, А	Определяется источником
Диаметр сплошной сварочной проволоки, мм	2-4 или 4-5
Скорость подачи проволоки, м/ч	24-360 или 18-216
Напряжение питания электропривода, В	42, постоянный
Тормозной момент, Нм	1,5
Вращение сварочной головки поперек продольной оси	$\pm 45^\circ$
Вращение сварочной головки вдоль продольной оси	$\pm 45^\circ$
Максимальная масса катушки с проволокой, кг	Определяется размотчиком
Масса, кг	22

Примеры применения сварочной головки АДФ-1000 в различных автоматизированных сварочных комплексах и для различных типов сварочных процессов (автоматическая сварка под слоем флюса, автоматическая сварка в защитных газах, автоматическая сварка двумя электродными проволоками (сварка «расщепленной» дугой) [4].



Рисунок 19 – Головка АДФ-1000 в составе автоматизированного комплекса

1.3.3 Автоматическая сварка газопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов сварочным комплексом МКСТ НПП «Технотрон»

Мобильный комплекс сварки трубопроводов МКСТ разработан для высокопроизводительной автоматической сварки неповоротных стыков труб диаметром до 1420 мм [2].

Комплекс реализует процесс автоматической сварки наружными головками на самоходном центраторе с медным подкладным кольцом в зауженную разделку кромок сплошной электродной проволокой в CO_2 и смеси Ar/CO_2 (80/20).

Комплекс обеспечивает автоматическую сварку неповоротных стыков трубопроводов, основанную на следующих технологических подходах:

- точность сборки стыка за счет переточки кромок и сборки на самоходном гидравлическом центраторе с «нулевым» зазором;
- комфорт и качество сварки благодаря программированию сварочных режимов по секторам стыка;
- использование проволоки сплошного сечения диаметром 1,2 мм, CO_2 и стандартной сварочной смеси Ar/CO_2 (80/20) для сварки всех слоев шва;
- повышение производительности за счет:
 - 1) уменьшения объема разделки стыка;
 - 2) использования сварочной проволоки диаметром 1,2 мм;
 - 3) высокой скорости сварки корневого слоя шва на медном подкладном кольце;
 - 4) совмещения операций подогрева стыка и сварки корневого прохода в одной палатке;
 - 5) перемещения центратора к следующему стыку сразу после сварки корневого слоя сварного шва.

В состав комплекса МКСТ входит:

- станок для механической обработки кромок труб;

- центратор внутренний с медным подкладным кольцом;
- установка индукционного подогрева стыка ППЧ50-10;
- агрегат самоходный сварочный МКСТ-34, на базе трактора MOROOKA, с манипулятором, кунгом, дизель-электростанцией. Количество агрегатов в составе комплекса определяется необходимым темпом сварки, в зависимости от толщины стенки трубы;
- сварочное оборудование – головки автоматической сварки УАСТ-1 «Альфа» с источниками ДС400.33М (2 шт), источник ДС400.33М для ручной дуговой сварки (1 шт.), резервный источник ДС400.33М (1 шт.);
- палатки защитные;
- передвижная мастерская для наладки, ремонта оборудования и хранения запасных частей [2].

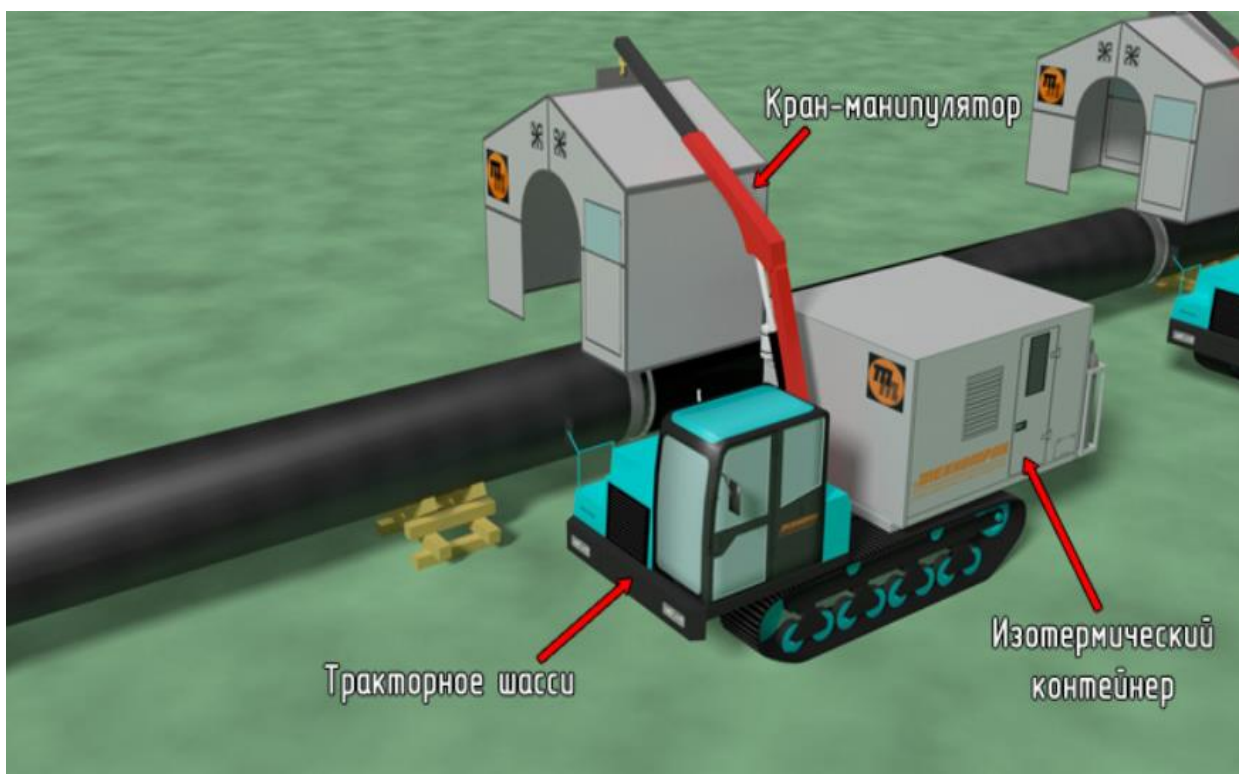


Рисунок 20 – Агрегат самоходный сварочный МКСТ-34 с защитной палаткой

В таблице 6 приведены технические характеристики сварочной головки УАСТ-1 «Альфа».

Таблица 6 – Технические характеристики сварочной головки УАСТ-1

Диапазон диаметров свариваемых труб, мм	от 219
Скорость перемещения сварочной головки, мм/с (м/мин)	от 0,6 до 20,0 (от 0,036 до 1,2)
Скорость подачи сварочной проволоки, мм/с (м/мин)	от 16 до 267 (от 0,96 до 16,0)
Диаметр сварочной проволоки, мм	от 0,8 до 1,6
Размах колебаний горелки, мм	от 1,0 до 40
Поперечное смещение центра колебаний, мм - максимальное смещение при размахе 1,0 мм - минимальное смещение центра при размахе 40,0 мм	$\pm 22,0$ ($\pm 10\%$) $\pm 2,5$ ($\pm 10\%$)
Скорость колебаний горелки при максимальном размахе, мм/с (м/с)	от 10 до 100 (от 0,01 до 0,1)
Частота колебаний горелки, Гц	от 0 до 1,25
Задержка колебаний горелки на кромках, сек	от 0 до 1,2
Возможность индивидуальной настройки левой и правой задержек на кромках	имеется
Изменение зазора между горелкой и трубой (вылет проволоки), мм	от 0 до 40
Ручное изменение угла наклона горелки вдоль сварного шва, °	± 5 ($\pm 10\%$)
Вид сварочного тока	постоянный/постоянный импульсный
Максимальный сварочный ток, А	400
Диапазон регулирования напряжения дуги, В	от 16,5 до 36,0
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 40 до 40
Габаритные размеры, мм - длина - ширина - высота	344 214 312
Масса головки без катушки с проволокой и без кабелей, кг, не более	10,0



Рисунок 21 – Типовая схема организации работ комплексом МКСТ



Рисунок 22 – Установка для автоматической сварки УАСТ-1 «Альфа»



Рисунок 23 – Мобильный комплекс сварки трубопроводов

1.4 Сварочные материалы

Сварочными материалами, используемыми при автоматической сварке ААДП и АПГ, являются защитный газ и проволока сплошного сечения. Подбор и обоснование сварочных материалов зависит от требуемых механических и эксплуатационных свойств сварного шва. Для определения необходимой сварочной проволоки требуется произвести анализ ее механических свойств и химического состава, а также произвести технологическую наплавку для определения металлургических свойств наплавляемого металла.

1.4.1 Сварочные проволоки зарубежного производства

Низкоуглеродистая омедненная сварочная проволока сплошного сечения с высоким уровнем легирования марганцем и кремнием Lincoln Electric SuperArc L-56 применяется для сварки корневого слоя методом STT с нормативным пределом прочности до 588 МПа включительно.

Таблица 7 – Химический состав (%) сварочной проволоки Lincoln Electric SuperArc L-56 по AWS A5.18 [6]

C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Cu	P	S
0,08-0,09	1,42-1,6	0,81-0,87	≤0,04	0,01-0,05	≤0,01	≤0,01	0,17-0,22	0,004-0,010	0,006-0,010

Таблица 8 – Механические свойства сварочной проволоки Lincoln Electric SuperArc L-56 по AWS A5.18 [6]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
460	565	27	82 при -29 °C 72 при -40 °C

Сварочная проволока ОК Autrod 12.66 предназначена для односторонней сварки «на спуск» стыков труб, с формированием обратного

шва на медном подкладном кольце, из сталей с нормативным пределом прочности до 589 МПа (API X70) включительно.

Таблица 9 – Химический состав (%) сварочной проволоки OK Autrod 12.66 по AWS A5.23 [7]

С	Mn	Si	S	P
0,07	1,4	0,8	max 0,01	max 0,01

Таблица 10 – Механические свойства сварочной проволоки OK Autrod 12.66 по AWS A5.23 [7]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
470	585	28	100 при -20 °C 80 при -30 °C

Сварочная проволока сплошного сечения Voestalpine Boehler K-600 используется в автоматических комплексах CRC-Evans и применяется для корневых, облицовочных и заполняющих слоев сварного шва при сварке из сталей, имеющих нормативный предел прочности до 588 МПа (K54-K60 включительно).

Таблица 11 – Химический состав (%) сварочной проволоки Voestalpine Boehler K-600 по AWS A5.18 [6]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	P	S	Al	Ti	Zr
0,07	0,95	1,69	0,04	0,04	0,01	0,01	0,13	0,009	0,008	0,02	0,01	0,01

Таблица 12 – Механические свойства сварочной проволоки Voestalpine Boehler K-600 по AWS A5.18 [6]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
565	651	28	164 при -20 °C 127 при -40 °C

Омедненная проволока сплошного сечения Voestalpine Boehler TS-6 применяется для сварки соединений трубопроводов большого диаметра с помощью автоматических комплексов CRC-Evans, оборудованных головками

P-200 либо P-260, или в аппаратах компании Autoweld Systems с головками EBM и используется для корневых, заполняющих и облицовочных слоев сварного шва при стыковке труб из сталей, имеющих нормативный предел прочности до 588 МПа (K54-K60 включительно).

Таблица 13 – Химический состав (%) сварочной проволоки Voestalpine Boehler TS-6 по AWS A5.18 [6]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu	P	S	Ti
0,08	0,74	1,62	0,03	0,04	0,01	0,01	0,11	0,010	0,007	0,07

Таблица 14 – Механические свойства сварочной проволоки Voestalpine Boehler TS-6 по AWS A5.18 [6]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
549	624	27	186 при -20 °C 163 при -40 °C

Проволока сплошного сечения с прецизионным легированием Boehler SG 3-P предназначена для высококачественной автоматической сварки трубопроводов. Наплавленный металл стоек к образованию трещин, высокие значения ударной вязкости при температурах до -50 °C. Основное назначение сварочной проволоки SG 3-P автоматическая сварка в среде защитных газов труб класса прочности до K60 (X70) включительно.

Таблица 15 – Химический состав (%) сварочной проволоки Boehler SG 3-P по AWS A5.18 [6]

C	Si	Mn	Ti
0,05	0,75	1,5	0,03

Таблица 16 – Механические свойства сварочной проволоки Boehler SG 3-P по AWS A5.18 [6]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
510	640	25	75 при -40 °C 55 при -50 °C

1.4.2 Сварочные проволоки отечественного производства

Аналогами отечественного производства вышеприведенных сварочных проволок являются проволоки Св-08Г2С, Св-08ГС, Св-08ГСМТ.

Сварочная проволока Св-08Г2С является одной из самых распространенных марок присадочных материалов, которая производится в соответствии с ГОСТ 2246-70 [8]. Данная проволока используется для сварки низколегированных и углеродистых сталей, которые находят широкое применение в различных отраслях: машино-, самолето- и кораблестроение, строительство, ремонт изделий из углеродистых материалов. Производят проволоку в двух видах: с покрытием медным слоем (Св-08Г2С-О, что значит «омедненная») и без применения медного покрытия. Данное покрытие значительно увеличивает проводимость тока за счет уменьшения контактного сопротивления. Это дает возможность поддерживать равномерное горение дуги и повышать качество сварного шва за счет отсутствия окисления. Данная проволока обладает достаточно высоким коэффициентом наплавки, который составляет не менее 8,5 г/А*ч.

Таблица 17 – Химический состав (%) сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [8]

С	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	<0,25	<0,2	<0,03	<0,025

Таблица 18 – Механические свойства сварочной проволоки Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70 [8]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
440	560	30	69 при -20 °С 56 при -40 °С

Сварочная проволока Св-08ГС используется для механизированной дуговой сварки углеродистых и низколегированных сталей в среде защитных газов во всех пространственных положениях. Данная проволока

рекомендуется для сварки в смеси газов Ar/82%-CO₂/18% и позволяет в полной мере использовать все преимущества сварки в смеси Ar/CO₂ (отсутствие разбрызгивания, хорошее формирование шва, высокие показатели механических свойств сварного шва). Также возможно применение сварочной проволоки Св-08ГС для сварки в чистом CO₂.

Таблица 19 – Химический состав (%) сварочной проволоки Св-08ГС по ГОСТ 2246-70 [8]

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
<0,10	0,6-0,85	1,4-1,7	<0,25	<0,2	<0,03	<0,025

Таблица 20 – Механические свойства сварочной проволоки Св-08ГС по ГОСТ 2246-70 [8]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
450	550	30	65 при -29 °С

Сварочная проволока Св-08ГСМТ производится с медным покрытием и с улучшенными поверхностными характеристиками «Ультра». Рекомендуется к применению для технологий механизированной и автоматической сварки проволокой сплошного сечения под флюсом, в среде активных газов и смесях изделий из конструкционных углеродистых и низколегированных сталей повышенной прочности с пределом текучести до 460 МПа. Предназначается для сварки конструкций с повышенными требованиями к механическим свойствам сварных соединений. Используется в машиностроении и судостроении. Проволока демонстрирует хорошие сварочные свойства при сварке во всех пространственных положениях. Данная проволока рекомендуется для сварки в смеси газов Ar/80%-CO₂/20%.

Таблица 21 – Химический состав (%) сварочной проволоки Св-08ГСМТ по ГОСТ 2246-70 [8]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Ti	P	S
0,06-0,11	0,4-0,7	1,0-1,3	<0,3	<0,3	0,2-0,4	0,05-0,12	<0,03	<0,025

Таблица 22 – Механические свойства сварочной проволоки Св-08ГСМТ по ГОСТ 2246-70 [8]

Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
530	640	29	143 при -20 °С 109 при -40 °С

Таблица 23 – Механические свойства сварочных проволок для автоматической сварки в среде защитных газов

Сварочная проволока	Механические свойства			
	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость KCV, Дж/мм ²
Lincoln Electric SuperArc L-56	460	565	27	82 при -29 °С 72 при -40 °С
OK Autrod 12.66	470	585	28	100 при -20 °С 80 при -30 °С
Voestalpine Boehler K-600	565	651	28	164 при -20 °С 127 при -40 °С
Voestalpine Boehler TS-6	549	624	27	186 при -20 °С 163 при -40 °С
Boehler SG 3-P	510	640	25	75 при -40 °С 55 при -50 °С
Св-08Г2С	440	560	30	69 при -20 °С 56 при -40 °С
Св-08ГС	450	550	30	65 при -29 °С
Св-08ГСМТ	530	640	29	143 при -20 °С 109 при -40 °С

Таблица 24 – Химические составы сварочных проволок для автоматической сварки в среде защитных газов

Сварочная проволока	Химический состав, %												
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	V	Al	Zr	P	S
Lincoln Electric SuperArc L-56	0,08-0,09	0,81-0,87	1,42-1,6	0,01-0,05	0,04	0,01		0,17-0,22	0,01			0,004-0,010	0,006-0,010
OK Autrod 12.66	0,07	0,8	1,4									≤0,01	≤0,01
Voestalpine Boehler K-600	0,07	0,95	1,69	0,04	0,04	0,01	0,01	0,13	0,01	0,02	0,01	0,009	0,008
Voestalpine Boehler TS-6	0,08	0,74	1,62	0,04	0,03	0,01	0,07	0,11	0,01			0,010	0,007
Boehler SG 3-P	0,05	0,75	1,5				0,03						
CB-08Г2С	0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	0,2	0,25							0,03	0,025
CB-08ГС	0,10	0,6-0,85	1,4-1,7	0,2	0,25							0,03	0,025
CB-08ГCMT	0,06-0,11	0,4-0,7	1,0-1,3	0,3	0,3	0,2-0,4	0,05-0,12					0,03	0,025

1.4.3 Защитные газы

При автоматической сварке газопроводов проволокой сплошного сечения в качестве защитного газа выступает газовая смесь аргона и углекислого газа.

Благодаря добавке углекислоты в аргон наблюдается снижение поверхностного натяжения жидкого металла расплавляемой сварочной проволоки, уменьшается размер, образующихся и отрывающихся от электрода капель. Расширяется диапазон токов при сохранении стабильного ведения процесса сварки. Обеспечивается лучшее формирование металла шва и меньшее разбрызгивание, лучшая форма провара и меньшее излучение дуги, по сравнению со сваркой в чистом аргоне, а также в чистом углекислом газе.

При использовании сочетания с углекислотой достигается лучшее проплавление с меньшей пористостью по сравнению со смесями с кислородом.

Применение газовых смесей легко позволяет реализовать режим струйного переноса металла через дугу и достичь практически идеальной формы сварного шва. Благодаря снижению значения плотности сварочного тока и, как результат, падению давления электрической дуги на сварочную ванну уменьшается вероятность образования прожога тонкостенных деталей даже при большой силе тока и скорости сварки. Аргон изготавливается в соответствии с ГОСТ 10157-2016 [9], углекислый газ в соответствии с ГОСТ 8050-85 [10].

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ТРУБ ПРОВОЛОКОЙ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ МКСТ «ТЕХНОТРОН»

2.1 Подготовительные работы, сборка, предварительный подогрев

Трубы или трубные секции укладываются на бровке траншеи на инвентарных лежках.

При необходимости переточки кромок труб, трубы или трубные секции укладываются под углом к оси траншеи таким образом, чтобы к торцам труб был свободный доступ для установки станка для обработки кромок. Расстояние от поверхности грунта до нижней образующей трубы должно составлять не менее 450 мм, рекомендуемое расстояние – 500-600 мм.

Внутренняя полость труб и узлов трубопроводов перед сборкой должна быть очищена от попавшего грунта, снега и других загрязнений. Свариваемые кромки и прилегающие к ним внутренние и наружные поверхности свариваемых элементов должны быть зачищены механическим способом шлифмашинкой с дисковыми проволочными щетками на ширину не менее 15 мм.

Усиление заводских швов снаружи труб и узлов трубопроводов должно быть удалено механическим способом (шлифованием) до остаточной величины от 0,5 до 1,0 мм на расстоянии от 10 до 15 мм от торца трубы.

Специальная (зауженная) разделка кромок выполняется путем переточки заводской разделки специализированными станками подготовки кромок заблаговременно до начала сборочных работ. В случае, если обработка зауженной разделки кромок выполняется на трубе с торцом после газовой резки, необходимо перед переточкой кромки выполнить ультразвуковой контроль прилегающего к резаному торцу участка трубы шириной не менее 40 мм для подтверждения отсутствия расслоений на этом участке [11].

Геометрические параметры специальной (зауженной) разделки кромок, в случае применения технологии автоматической сварки проволокой

сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце в специальную зауженную разделку кромок неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов применительно к равнотолщинным и разнотолщинным сварным соединениям, приведена на рисунке 24 а) и б) соответственно, а их значения в таблице 25.

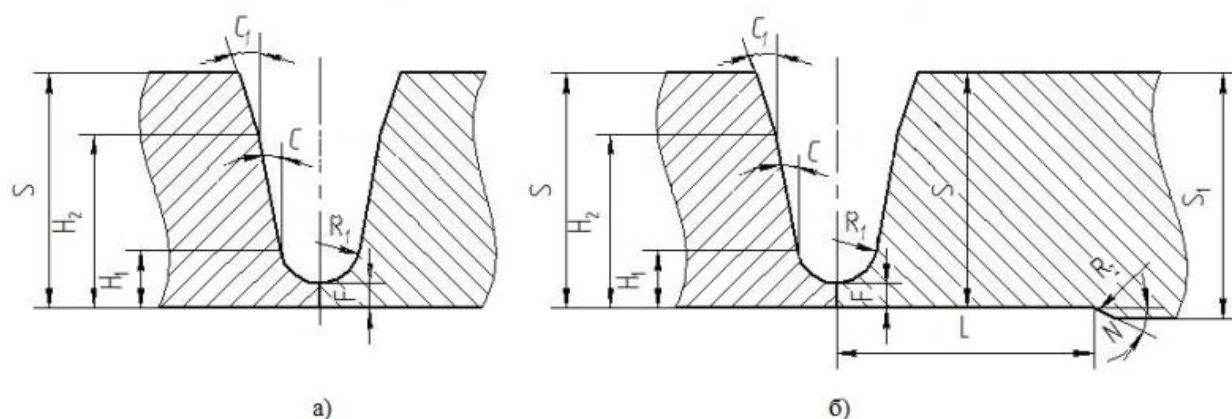


Рисунок 24 – Геометрические параметры разделки кромок и сборки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов для автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце

Таблица 25 – Значения геометрических параметров разделки кромок для автоматической сварки МКСТ «Технотрон»

Обозначение параметра	Величина параметра
$C, ^\circ$	10_{-2}
$C_1, ^\circ$	12_{-2}
$F, \text{ мм}$	$2,0 \pm 0,2$
$R_1, \text{ мм}$	$3,2 \pm 0,15$
$H_1, \text{ мм}$	$4,9 \pm 0,2$
$H_2, \text{ мм}$	$14 \pm 0,5$
$L, \text{ мм}$	50 ± 10
$N, ^\circ$	25 ± 5
$R_2, \text{ мм}$	$3,0 \text{ min}$

Заблаговременно, до начала сборочно-сварочных работ, на концы труб, обращенные в сторону движения сборочно-сварочной колонны,

устанавливают направляющие пояса для сварочных головок (в случае применения технологии автоматической односторонней сварки). Направляющие пояса следует устанавливать с применением инвентарных шаблонов, входящих в комплект специальных приспособлений сварочного комплекса и обеспечивающих требуемую точность установки.

Предварительный и сопутствующий (межслойный) подогрев свариваемых кромок и прилегающих к ним участков труб и узлов трубопроводов должен производиться с помощью установки индукционного подогрева стыка ППЧ50-10, входящей в состав комплекса МКСТ «Технотрон».

Сборку неповоротных кольцевых стыковых соединений под сварку по технологии автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце в специальную зауженную разделку кромок производят без зазора с помощью внутреннего центратора с медным подкладным кольцом, установленном между рядами жимков центратора. Допускаются наружные смещения стыкуемых кромок не более 2,0 мм [11].

Измерение величины смещения кромок при сборке следует выполнять по наружной поверхности свариваемых элементов универсальными шаблонами типа УШС или специальными шаблонами индикаторного типа.

Измерение величины внутреннего смещения кромок при сборке бесшовных труб выполняется специальными шаблонами по внутренним поверхностям свариваемых труб [11].

Не допускается в процессе сборки кольцевых стыковых соединений для установления необходимых параметров сборки (зазора, смещения кромок) применять ударный инструмент.

С целью исключения дефектов внутренней поверхности корневого слоя шва медное подкладное кольцо внутреннего центратора до начала работ должно регулярно зачищаться шлифмашинкой с лепестковым абразивным

кругом. Просушку и подогрев медного подкладного кольца внутреннего центризатора необходимо выполнять после каждого перерыва в работе.

Количество и размеры прихваток выбираются в зависимости от номинального диаметра свариваемых элементов и должны быть:

- для сварных соединений до DN 400 – не менее 2 шт., длиной не менее 20-30 мм;
- для сварных соединений свыше DN 400 до DN 1000 – не менее 3 шт., длиной 60-100 мм;
- для сварных соединений свыше DN 1000 – не менее 4 шт., длиной 100-200 мм.

Прихватки следует выполнять сварочными материалами, рекомендованными для сварки корневого слоя шва и располагать на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов свариваемых элементов [11].

При сборке неповоротных кольцевых стыковых соединений труб на прихватках, прихватки, выполненные с полным проваром на параметрах режимов сварки корневого слоя шва с соблюдением требований к предварительному подогреву, удалению не подлежат. Начальный и конечный участок каждой прихватки следует обработать механическим способом шлифмашинкой длиной 10÷20 мм со сквозным пропилом. На примыкающем к сквозному пропилу участке прихватки длиной не менее 20 мм выполняется его шлифовка с образованием плавного перехода от толщины валика до границы сквозного пропила.

При сборке неповоротных кольцевых стыковых соединений труб с помощью монтажных прихваток, подвергаемых деформации при установке зазора, прихватки должны быть полностью удалены механическим способом шлифмашинкой в процессе сварки корневого слоя шва [11].

2.2 Автоматическая сварка изготавливаемой конструкции

Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце сварочными

комплексами УАСТ-1 может применяться для сварки корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов диаметром от 325 до 1420 мм включительно с толщиной стенки труб от 5,0 до 32,0 мм включительно при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте промышленных и магистральных газопроводов.

Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов сварочными комплексами УАСТ-1 должна выполняться постоянным током обратной полярности «на спуск» с поперечными колебаниями горелки одновременно двумя сварочными головками, при этом каждая головка сваривает свою половину периметра стыкового соединения [11].

Технологический процесс автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце сварочными комплексами УАСТ-1 в специальную зауженную разделку кромок состоит из следующих основных операций:

- установка направляющего пояса с применением инвентарных шаблонов, обеспечивающих требуемую точность установки;
- установка сварочных головок ГАСТ-1.1 на направляющий пояс;
- подключение пульта дистанционного управления и комплектов соединительных кабелей сварочных головок ГАСТ-1.1 к блоку управления;
- регулировка горелки каждой головки относительно разделки;
- установка режимов сварки на пульте дистанционного управления ДУ УАСТ;
- окончательная корректировка положения головок относительно оси свариваемых труб с помощью пульта дистанционного управления, выбор направления сварки;
- автоматическая односторонняя сварка корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва;

– в процессе сварки выполняется периодический контроль параметров режима и, при необходимости, их корректировка с помощью пульта дистанционного управления в пределах, указанных требованиями операционных технологических карт сборки и сварки [11].

Интервал времени между окончанием сварки корневого слоя и началом сварки первого заполняющего слоя при автоматической сварке должен составлять не более 10 мин [11].

Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя (замки) должны быть обработаны механическим способом для предотвращения образования дефектов типа несплавлений и удаления кратерных трещин.

Размах колебаний сварочной горелки при сварке облицовочного шва должен обеспечивать необходимую величину перекрытия свариваемых кромок труб [11].

В зависимости от толщины стенки труб заполняющие слои могут быть выполнены методом валиковой сварки (один слой за два прохода). При многопроходной (валиковой) сварке облицовочного слоя шва максимальное значение величины перекрытия кромок разделки может отличаться от требований рисунка 25. В данном случае ширина облицовочного слоя шва назначается применительно к конкретным толщинам стенки и параметрам разделки кромок, уточняется при производственной аттестации технологии сварки и указывается в операционной технологической карте сборки и сварки.

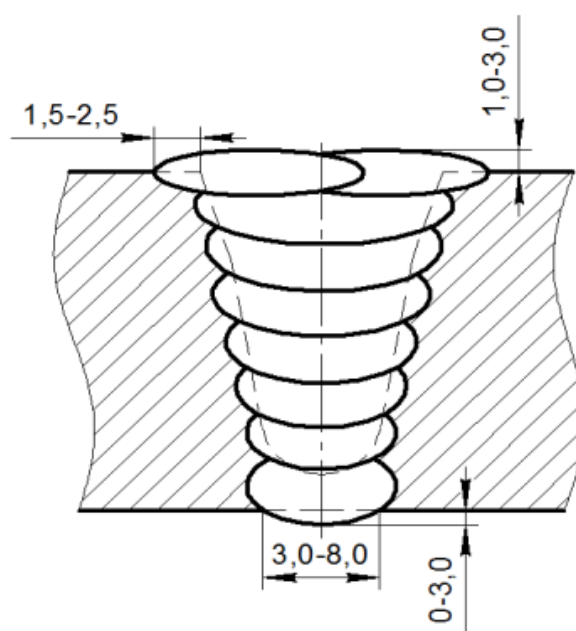


Рисунок 25 – Форма и геометрические параметры сварного шва, выполненного проволокой сплошного сечения в среде активных газов смесях на медном подкладном кольце сварочными комплексами УАСТ-1

Рекомендуемая схема сварки приведена на рисунке 26.

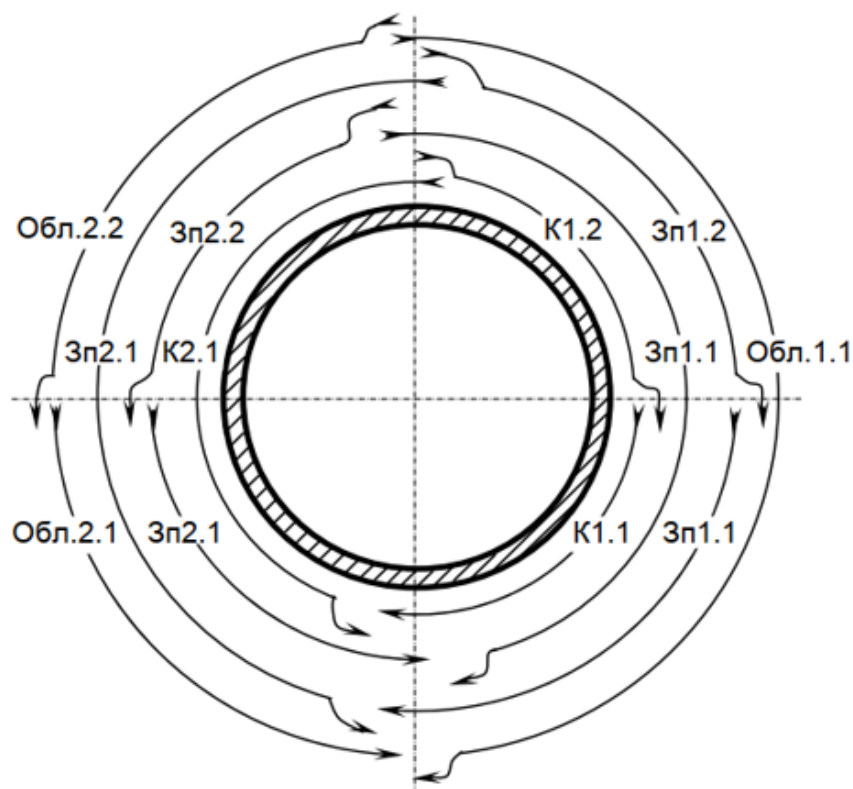


Рисунок 26 – Рекомендуемая схема сварки комплексом МКСТ «Технотрон» неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Рекомендуемые параметры режимов автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце сварочными комплексами УАСТ-1 неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов приведены в таблице 26 [11].

В качестве сварочных материалов используется сварочная проволока Св-08Г2С, изготовленная в соответствии с ГОСТ 2246-70 [8], аргон, изготовленный в соответствии с ГОСТ 10157-2016 [9], и углекислый газ, изготовленный в соответствии с ГОСТ 8050-85 [10].

Таблица 26 – Рекомендуемые параметры режимов автоматической односторонней сварки проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медном подкладном кольце сварочными комплексами УАСТ-1 неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов

Параметры	Режимы сварки (по слоям)					
	Корневой	1-ый заполня- ющий слой («горячий проход»)	2-й запол- няющий	3-й заполня- ющий	4-ый и послед- ующие за- полняющие	Облицово- чный
Способ сварки	АПГ					
Направление сварки	на спуск					
Диаметр проволоки, мм	1,0					
Скорость сварки, мм/сек	10,0÷12,0	6,5÷8,0	4,5÷6,5	4,0÷5,0	3,8÷4,8	1,0÷2,5
Скорость подачи проволоки, см/мин	180÷210	170÷190	150÷170	150÷170	160÷190	70÷90
Вылет проволоки, мм	12÷16	11÷15	11÷15	10÷14	8÷12	8÷12
Защитный газ Ar/CO ₂	0/100		50/50			

Продолжение таблицы 26

Расход за- щитного газа, л/мин	23÷28	23÷28	15÷25	15÷25	15÷25	15÷25
Сила тока, А	230÷260	200÷230	210÷240	210÷240	220÷250	120÷160
Напряже- ние дуги, В	21,5÷24,0	21,0÷23,0	20,5÷22,5	20,5÷22,5	20,0÷22,0	20,0÷22,0
Скорость колебаний горелки, см/мин	35÷45	35÷45	35÷45	35÷45	35÷45	20÷30
Размах колебаний горелки	0÷1,0	2,5÷3,0	3,5÷4,0	4,5÷5,5	6,0÷7,0	9,0÷10,0
Время за- держки колебаний на кромках, с	0,0÷0,1	0,1÷0,2	0,15÷0,25	0,2÷0,3	0,2÷0,3	0,1÷0,15

Источником питания для автоматической сварки является сварочный аппарат инверторного типа ДС 400.33М, входящий в состав МКСТ «Технотрон».

Таблица 27 – Технические характеристики сварочного аппарата инверторного типа ДС 400.33М [12]

Напряжение питания, В	380, ±10%
Потребляемая мощность, кВА, не более	24
Напряжение источника MIG/MAG (плавнорегулируемое, дискретность 0,1), В	16,5-34
Сварочный ток MIG/MAG, А	50-500
Сварочный ток ММА (дискретность регулировки 1А), А	50-400
Номинальный режим работы ПН, %	100
Диапазон рабочих температур, °С	от -40 до +40
Масса, кг	44
Габаритные размеры, мм	625x280x535

2.3 Дефекты сварки и методы их контроля

Необходимые требования к сварке соединений труб в нитку магистральных газопроводов устанавливает СТО Газпром 2-2.2-136-2007 [5].

Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных трубопроводов регламентирует СТО Газпром 2-2.4-083-2006 [13]. Согласно которому для изготовленной конструкции необходимо произвести визуальный и измерительный контроль (ВИК), ультразвуковой контроль (УЗК) и радиографический контроль (РК).

ВИК проводится согласно СТО 9701105632-003-2021 [14] и предназначен для:

- проверки соответствия геометрических параметров сварных соединений требованиям НД, ТД и проектной документации;
- обнаружении поверхностных (выходящих на поверхность) и сквозных дефектов сварных соединений типа трещин, подрезов, несплавлений, незаваренных кратеров, прожогов, неметаллических включений, расслоений и т. п. и определения их расположения, размеров и ориентации по поверхности.

ВИК проводится в первую очередь, предшествуя другим методам неразрушающего контроля (НК). Недопустимые дефекты, выявленные при ВИК, должны быть устранены до выполнения контроля другими методами НК.

УЗК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55724-2013 [15].

УЗК проводится для определения внутренних и выходящих на поверхность протяженных (непровары, несплавления, трещины, подрезы, цепочки скопления пор и включений) и не протяженных (одиночные газовые поры, шлаковые включения) дефектов.

Сварное соединение допускается к проведению УЗК при наличии заключения о годности сварного соединения по результатам ВИК.

РК сварных соединений трубопроводов (и их участков после ремонта сваркой) должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82 [16].

При проведении РК контролируемая зона сварного соединения должна включать не только изображения контролируемого шва, но и прилегающую к нему околошовную зону, шириной не менее толщины стенки.

РК проводится для выявления внутренних и выходящих на поверхность дефектов, которыми являются газовые поры, шлаковые включения, непровары, несплавления, трещины, подрезы и др.

Сварное соединение допускается к проведению РК при наличии заключения о годности данного сварного соединения по результатам ВИК и заключения по УЗК.

2.4 Вывод по разделу

Итогом выполнения данного является ознакомление с особенностями автоматической сварки комплексами оборудования зарубежного и отечественного производства, составом, устройством и функциями данных комплексов.

Проанализированы химические составы и механические свойства сварочных проволок отечественного производства, что дает возможность говорить о их применении взамен импортных сварочных проволок.

Предложенные технические решения позволят оптимизировать процесс сварки и использовать отечественные сварочные материалы, что повысит качество выполняемых работ и производительность работ и при изготовлении ответственных конструкций.

Отечественными производителями комплексов автоматической сварки и оборудования для автоматической сварки на сегодняшний день являются, например, ЗАО «Псковэлектросвар», НПП «Технотрон», АО «Уралтермосвар», ЗАО «НПФ «ИТС».

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1BM11	Иванову Александру Георгиевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 64000 руб. Оклад инженера – 38700 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент и надбавки 30% Дополнительной заработной платы 12% Накладные расходы 16% Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1BM11	Иванов Александр Георгиевич		

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Обоснование выбора параметров режима сварки трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации ООО «Газпром трансгаз Томск». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Задача работы заключается в исследовании и разработке процесса автоматической сварки труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства.

Потенциальными потребителями технологии автоматической сварки труб могут выступать строительные организации трубопроводов, заводы по изготовлению труб и соединительных деталей трубопроводов, лаборатории. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 28.

Таблица 28 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Заводы труб и СДТ	Строительные организации	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят мелкие и средние заводы труб и СДТ, лаборатории и мелкие объекты строительные организации. По карте сегментирования видно,

что у всей выпускаемой продукции есть свой целевой потребитель, не зависимо от размера предприятия.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [17].

Таблица 29 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{с1}	Б _{с2}	Б _{с3}	К _{с1}	К _{с2}	К _{с3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобства в эксплуатации	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
2. Затраты сварочного материала	0,2	3	3	4	0,6	0,6	0,8
3. Качество сварного соединения	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	3	2	4	0,15	0,1	0,2
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	5	5	1	1	1
3. Конкурентоспособность работы	0,25	4	5	4	1	1,25	1
Итого	1	21	25	23	3,65	4,45	3,9

Где Б_{с1} – механизированная сварка в среде CO₂;

Б_{с2} – автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде CO₂;

Б_{с3} – ручная дуговая сварка плавящимся электродом.

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

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По результатам расчета видно, что предложенный метод конкурентоспособен по сравнению с аналогичными видами сварки. Наибольшие преимущества наблюдаются в удобстве эксплуатации, качестве сварного соединения и в сроке эксплуатации.

3.1.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [17].

SWOT-анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта, таблица 30.

Таблица 30 – Матрица SWOT

Сильные стороны	Слабые
– Отсутствие данного процесса для повышения эффективности сварки плавящимся электродом (отсутствие конкурентов на рынке); – Широкая область применения; – Использование современного оборудования; – Актуальность проекта; – Возможность выполнения сварного шва во всех пространственных положениях; – Наличие опытного руководителя; – Высокая производительность выполнения процесса сварки.	– Развитие новых технологий; – Перенастройка оборудования; – Отсутствие квалифицированного персонала; – Высокая цена оборудования.

Продолжение таблицы 30

Возможности	Угрозы
– Получение качественных сварных соединений; – Регулирование производительности; – Повышение стоимости конкурентных разработок; – Применение оборудования, работающего в полевых условиях.	– Появление новых технологий; – Государство не даст средства для реализации темы; – Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы; – Зависимость, незначительная от поставщика.

В результате проведения SWOT анализа были выявлены основные проблемы, с которыми сталкивается или может столкнуться в будущем предприятие или организация, применяющая автоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как возможность выполнения сварного шва во всех пространственных положениях, а также сам процесс автоматической сварки имеет очень высокую производительность, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых стороны, необходимо обратить внимание на улучшение технических параметров и на создании штата из квалифицированных работников. Работа над этими недостатками позволит повысить конкурентоспособность, уменьшить влияние внешних угроз на проект.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблице 30.

Таблица 31 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Руководитель, инженер
	10	Вывод по цели	

Исходя из таблицы 30 можно сделать вывод о том, что руководитель и инженер, в целом, выполняют одинаковый объем работ.

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле [17]:

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

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дней;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ож\ i}}{ч_i}, \quad (3)$$

где T_{Pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

Тогда:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47.$$

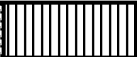
Все рассчитанные значения вносим в таблицу 31. После заполнения таблицы 31 строим календарный план-график (табл. 32).

График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 32 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в рабочих дня T_{ki}		
	t_{min} , человеко-дни			t_{max} , человеко-дни			$t_{ож}$, человеко-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель–инженер			1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер-руководитель			1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель			1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель			2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Инженер			10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер - руководитель			3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер			2	3	3	3	5	5
Проведение расчётов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер			7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер - руководитель			2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер			3	3	3	4	4	4

Таблица 33 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кол- во дней	Продолжительность выполнения работ								
				Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3									
2	Анализ актуальности темы	Руководитель – инженер	2									
3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	2									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2									
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3									
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15									
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	5									
8	Изучение установки	Инженер	6									
9	Моделирование установки	Инженер	3									
10	Изучение результатов	Инженер	3									
11	Проведение расчётов по теме	Инженер	10									
12	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2									
13	Вывод по цели	Инженер	1									

 - Инженер;  - Руководитель

Исходя из таблицы 33 видно, что данный проект занимает 57 дней от начала составления и утверждения проекта до вывода по цели.

3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета надо использовать следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

В таблицы 34 представлены стоимость материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 34 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Сварочная проволока	кг	25	25	30	900	900	400	22,5	22,5	12
Используемые газы	литр	10	10	-	36	36	-	360	360	-
Итого								22,9	22,9	12

Исходя из полученных значений из таблицы 33, делаем вывод о том, что ручная дуговая сварка плавящимся электродом является дешевым вариантом из вышеперечисленных. Дороговизна механизированной и автоматической сварки, в свою очередь, обусловлена дорогими материалами, используемыми в этих способах, но за счет своей производительности данные способы сварки окупаются быстрее нежели ручная дуговая сварка.

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ над разрабатываемым проектом.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена за единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Источник питания	1	1	1	200	200	80	230	230	92
2	Механизм подачи проволоки	1	1	-	100	100	-	115	115	-
3	Ноутбук	1	1	1	50	50	50	57,5	57,5	57,5
4	Принтер	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Итого								414	414	161

Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования наглядно показал высокую стоимость оборудования для механизированной сварки в CO₂ и автоматической сварки чем в 2 раза, относительно ручной дуговой сварки плавящимся электродом.

3.3.3 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 57 дней. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 57500 рублей и принтер стоимостью 12000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет.

Норма амортизации H_A рассчитывается:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% = 33,3\%.$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год.ноут} = 50000 \cdot 0,33 = 16500 \text{ руб.}$$

$$A_{год.прин} = 10000 \cdot 0,33 = 3300 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес.ноут} = \frac{16500}{12} = 1375 \text{ руб.}$$

$$A_{мес.ноут} = \frac{3300}{12} = 275 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_{год.ноут} = 1375 \cdot 2 = 2750 \text{ руб.}$$

$$A_{год.прин} = 275 \cdot 2 = 550 \text{ руб.}$$

3.3.4 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 36.

Таблица 36 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категории	Трудоёмкость человеко-дни			Заработная плата, приходящаяся на человека, тыс.руб			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	4			8,92	8,92	8,92
2	Анализ актуальности темы	Руководитель– инженер	1	1	1	4,872			5,45	5,45	5,45
3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер - руководитель	1	1	1	4,872			5,45	5,45	5,45
4	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	4			4,48	8,92	8,92
5	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	4			8,92	8,92	8,92
6	Изучение литературы по теме	Инженер	10	10	10	0,872			9,77	9,77	9,77
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	3	4	4	4,872			16,4	21,8	21,8
8	Изучение установки	Инженер	4	6	6	0,872			3,9	5,86	5,86
9	Модернизация установки	Инженер	2	3	4	0,872			1,95	2,92	3,9
10	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2	2	2	4,872			10,9	10,9	10,9
11	Вывод по цели	Инженер	3	3	3	0,872			2,92	2,92	2,92
Итого									79,1	91,8	92,8

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и инженер. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 500 рублей, а инженер 109 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Максимальная основная заработная плата руководителя (кандидата технических наук) равна примерно 57142 рублей, а инженера 34553 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 64000 рублей, инженера – 38700 рублей.

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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

На 2023 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Таблица 37 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб			Дополнительная заработная плата, тыс. руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	64	67,4	69	76,8	80,88	82,8
Инженер	38,7	42,1	43,2	46,44	50,52	51,84
Коэффициент отчислений	0,302					
Итого						
Исполнение 1	27264,1 руб.					
Исполнение 2	28142,8 руб.					
Исполнение 3	29841,2 руб.					

Таблица 37 показывает, что отчисления во внебюджетные фонды у инженера, выполняющего проект, связанный с ручной дуговой сваркой плавящимся электродом выше, так как процесс выполняется дольше, соответственно и оплачивается больше.

3.3.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при третьем исполнении равны:

$$Z_{\text{накл}} = 571158,8 \cdot 0,16 = 91385,4 \text{ руб.}$$

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данная величина является достаточной для минимальной реализации научно-исследовательской работы. Данные бюджета затрат НТИ приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	22900	22900	12000	Пункт 3.3.1

Продолжение таблицы 38

2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	414000	414000	161000	Пункт 3.3.2
3. Затраты на амортизацию	3300	3300	3300	Пункт 3.3.3
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	79100	91800	92800	Пункт 3.3.4
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9492	11016	11136	Пункт 3.3.4
6. Отчисления во внебюджетные фонды	27264,1	28142,8	29841,2	Пункт 3.3.5
7. Накладные расходы	88968,9	91385,4	49612,4	16% от суммы ст. 1-5
8. Бюджет затрат НТИ	645025	662544,2	359689,6	Сумма ст.1-6

Из пункта 7 таблицы 38 делаем вывод о том, что ручная дуговая сварка является самым выгодным видом сварки, так как минимальная стоимость оборудования покрывает расходы на заработную плату инженера и руководителя, а автоматическая сварка имеет высокую стоимость из-за высокой стоимости оборудования, которое является высокотехнологичным и высокопроизводительным.

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин\ нр}^{исп. i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (12)$$

где $I_{фин\ нр}^{исп. i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{фин\ нр}^{исп. 1} = \frac{645025}{662544,2} = 0,97; \quad I_{фин\ нр}^{исп. 2} = \frac{662544,2}{662544,2} = 1; \quad I_{фин\ нр}^{исп. 3} = \frac{359689,6}{662544,2} = 0,54.$$

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

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (13)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b^i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 39 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	3	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	4	5	3
3. Используемые газы	0,15	4	5	-
4. Модернизация установки	0,35	3	5	2
Итого	1	3,4	4,5	2,45

$$I_{p-исп.1} = 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,35 = 3,4;$$

$$I_{p-исп.2} = 3 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,35 = 4,5;$$

$$I_{p-исп.3} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,35 = 2,45.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.пр.}}. \quad (14)$$

Тогда:

$$I_{исп.1} = \frac{3,4}{0,97} = 3,5; I_{исп.2} = \frac{4,5}{1} = 4,5; I_{исп.3} = \frac{2,45}{0,54} = 4,53.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки, позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл. 32) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}}. \quad (15)$$

Таблица 40 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,97	1	0,54
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,4	4,5	2,45
3	Интегральный показатель эффективности	3,5	4,5	4,53
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,77	0,99	1

Если сравнительная эффективность вариантов исполнения стремится к единице, то этот вид сварки является самым эффективным. Следовательно,

обращая внимание на значения пункта 4 из таблицы 40, можно сделать вывод о том, что ручная дуговая сварка плавящимся электродом является экономически выгодным относительно механизированных видов сварки. Но ручная дуговая сварка по сравнению с другими способами сварки имеет наименьшую производительность.

3.5 Вывод по разделу

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии в втором исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности, так как основополагающей целью работы является высокая производительность сварки.

В данном разделе был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения научно-исследовательской работы – обоснование выбора параметров режима сварки трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов. Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность данного проекта.

В данном разделе было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. При этом инженер принимал участие в работе почти каждый день, а научный руководитель производил контроль работы и помогал при расчете наиболее ответственных разделов проекта. Общая продолжительность работ составила 57 дней.

Также был сформирован бюджет затрат НТИ, который составил 662544,2 руб.

Расчет показал, что трудовые затраты и стоимость оборудования составляют основную часть от стоимости разработки и составляют 414 тыс. руб. Минимальные затраты составляют материальные затраты НТИ, в сумме около 22,9 тыс. руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 64000 руб., заработная плата инженера – 38700 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 30 % от оклада.

Накладные и прочие расходы составили в сумме 91385,4 руб. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

По произведенному анализу видим, что автоматическая сварка труб проволокой сплошного сечения в среде защитных газов является эффективным методом сварки и способна занять свое место на рынке. Данный метод при правильном продвижении и учете внешних и внутренних факторов, может составить сильную конкуренцию имеющимся методам сварки стальных конструкций, но в современных условиях требует постоянного совершенствования, обновления материальной базы и повышение профессионализма сотрудников.

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1BM11	Иванову Александру Георгиевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.	<i>Объект исследования:</i> автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов трубопроводов при использовании отечественного оборудования и материалов <i>Область применения:</i> строительство линейной части трубопроводов <i>Рабочая зона:</i> полевые условия <i>Климатическая зона:</i> IV <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> сварочная головка, углошлифовальная машинка, подающий механизм сварочной проволоки <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> работа со сварочным оборудованием и абразивным инструментом
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу от 01.03.2023); Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда»; ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением №1); СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 2.2. Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Опасные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как инфракрасное излучение и ультрафиолетовое излучение; 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; 3. Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; 4. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных

	объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека; 5. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов. Вредные факторы: 1. Превышение уровня шума; 2. Превышение уровня вибрации; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 4. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания; 5. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего. 6. Монотонность труда. 7. Физические и эмоциональные перегрузки. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: - коллективная защита (вентиляция); - индивидуальные средства защиты (специальная одежда и обувь, защитные маски и очки, огнеупорные защитные перчатки сварщика (краги), респираторы). Расчет: расчет системы воздухообмена.
3. Экологическая безопасность	Воздействие на селитебную зону: не оказывает. Воздействие на литосферу: металлическая стружка и пыль, окалины, шлак. Воздействие на гидросферу: разлив смазывающе-охлаждающих жидкостей, масел. Воздействие на атмосферу: выброс газа, задымление.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможные ЧС: - природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); - геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); - техногенные аварии (пожар, взрыв). Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.
Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

4.1 Введение

Объектом исследования является технология автоматической сварки трубопроводов проволокой сплошного сечения в среде защитных газов оборудованием и материалами отечественного производства. Потенциальными потребителями данной технологии могут являться компании и организации, занимающиеся транспортировкой, переработкой нефти и нефтепродуктов, а также транспортировкой газа, возможно применение данной технологии в теплоэнергетической промышленности. Рабочее место сварщика, выполняющего использование данной технологии сварки, находится в сварочной палатке, которая устанавливается на трубопровод в открытой местности. Для производства работ используется оборудование для автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, грузоподъемная техника.

В связи с множеством вредных и опасных факторов при производстве работ необходимо соблюдать технику безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.2.1 Правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 –ФЗ [19] работник 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.

В трудовом законодательстве РФ закреплён комплекс мер, которые призваны компенсировать работнику риски, связанные с вредными условиями труда.

К их числу относятся:

- дополнительный оплачиваемый отпуск;
- сокращение продолжительности рабочей смены;
- доплата к основному окладу в размере 4%;
- бесплатное санаторно-курортное лечение;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты;
- возмещение в натуральной форме, включая бесплатное питание и выдачу молока;
- снижение возрастной планки при выходе на пенсию.

4.2.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Основной задачей регулирования проектных решений разрешается за счёт соблюдения законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении.

При организации рабочих мест на участках электросварочных поточно-механизированных линий должны соблюдаться следующие требования:

– для автоматизированных процессов электросварки, сопровождающихся образованием вредных аэрозолей, газов и излучений, превышающих ПДК и предельно допустимые уровни (ПДУ), предусматривается дистанционное управление и (или) использование средств индивидуальной защиты;

– для удаления вредных пылегазовыделений предусматриваются пылегазоприемники, встроенные или сблокированные со сварочными автоматами или полуавтоматами, агрегатами, порталами или манипуляторами;

– пульты управления грузоподъемными транспортными средствами объединяются (располагаются в непосредственной близости) с пультами управления электросварочным оборудованием [20].

При выполнении электросварочных и газосварочных работ с предварительным нагревом изделий работа двух сварщиков в одной кабине допускается только при сварке одного изделия [20].

При невозможности исключения или снижения уровней вредных и (или) опасных производственных факторов до уровней допустимого воздействия в связи с характером и условиями производственного процесса проведение работ допускается при условии обеспечения работников средствами индивидуальной защиты [20].

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86 [21].

Организация технологических процессов сварки должна соответствовать требованиям правил устройства электроустановок (ПУЭ) и предусматривать максимально возможную механизацию, автоматизацию, дистанционное управление процессами сварки или его отдельными элементами, а также должны быть приняты меры по локализации опасных и вредных производственных факторов.

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

Рабочее место обслуживающего персонала, взаимное расположение всех элементов (органов управления, средств отображения информации, оповещения и др.) должны обеспечивать рациональность рабочих движений и максимально учитывать энергетические, скоростные, силовые и психофизиологические возможности человека.

Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и иметь необходимые средства предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Отделку помещений следует выполнять только из негорючих материалов. Не допускается применение глянцевых, блестящих, хорошо (зеркально) отражающих излучение сварочной дуги (коэффициент отражения рекомендуется не более 0,4) [21].

Двери помещений должны иметь знак ультрафиолетовой опасности.

При выполнении автоматической сварки должны соблюдаться следующие требования:

- автоматическая сварка производится на стационарных постах, оборудованных вытяжной вентиляцией. При невозможности выполнения сварочных работ на стационарных постах, обусловленной габаритами и конструктивными особенностями свариваемых изделий, для удаления пыли и газообразных компонентов аэрозоля от сварочной дуги применяются местные отсосы и/или средства индивидуальной защиты органов дыхания;

- кабели (провода) электросварочных машин располагаются на расстоянии не менее 0,5 м от трубопроводов кислорода и не менее 1 м от трубопроводов ацетилена и других горючих газов;

– электросварочные трансформаторы или другие сварочные агрегаты включаются в сеть посредством рубильников или пусковых устройств [20].

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе должны соответствовать СанПиН 1.2.3685-21 [23].

4.3 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются потенциальные вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при проведении работ по эксплуатации проектируемого объекта исследования.

Для выбора факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [22]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды приведен в таблице 41.

Таблица 41 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте сварщика

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [23]
2. Превышение уровня шума	ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности [24]
3. Превышение уровня вибрации	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [23]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [25]
5. Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания	ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды [26]

Продолжение таблицы 40

6. Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как инфракрасное излучение и ультрафиолетовое излучение	ГОСТ 12.4.254-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах [27]
7. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [28]
8. Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности [29]
9. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности [21]
10. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация [30]

4.3.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

По уровню энерготрат работы в сварочной палатке относятся к категории Пб с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Таблица 42 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне сварщика (согласно СанПиН 1.2.3685-21 [23])

Период года	Категория работ по уровню энерготрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый		19-21	18-22	60-40	0,2

Таблица 43 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне сварщика (согласно СанПиН 1.2.3685-21 [23])

Период года	Категория работ по уровню энерготрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	IIб	19,1-22	14-23	15-75	0,4
Теплый		21,1-27	15-28	15-75	0,5

Микроклимат в сварочной палатке поддерживается на оптимальном уровне при помощи электрических конвекторов, естественной вентиляции, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Микроклимат рабочего места соответствует оптимальным показателям, а именно относительная влажность воздуха – (42-57) %, скорость движения воздушных потоков – менее 0,2 м/с, температура воздуха в теплый период – (+19-21) °С, температура воздушных потоков в холодное время года – (+17-19) °С.

4.3.2 Превышение уровня шума

Основными источниками шума при проведении заготовительных и сборочно-сварочных операций являются станки для обработки металла, подвижные передвигающиеся части машин и механизмов, сварочная дуга и шум, издаваемый источником питания сварочной дуги.

Общие требования безопасности при работе на местах с присутствием шума указаны в ГОСТ 12.1.003-2014 [24]. Максимальный уровень шума, величина которого колеблется во времени и прерывается, не должна превышать 50-55 дБА [23].

Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 75 дБА [23].

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029 [31]. Этими мерами являются:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- рациональное размещение оборудования;
- борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума;
- использование средств звукоизоляции и звукопоглощения.

Согласно СОУТ [32] уровень шума на рабочем сварщика составляет не более 75 дБА и соответствует нормам.

4.3.3 Превышение уровня вибрации

Основными источниками вибрации при проведении заготовительных и сборочно-сварочных операций являются станки для обработки металла, подвижные передвигающиеся части машин и механизмов, транспортная вибрация.

Допустимая норма уровня общей вибрации регламентируется согласно СанПиН 1.2.3685-21 [23]. Транспортно-технологическая вибрация на рабочих местах по направлению оси Z не должна превышать допустимые значения эквивалентных скорректированных уровней виброускорения $0,28 \text{ м/с}^2$ и 109 дБ, и по направлению осей X и Y $0,2 \text{ м/с}^2$ и 106 дБ соответственно.

Для снижения уровня вибрации на рабочем месте применяют различные методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029 [31].

Этими мерами являются:

- уменьшение уровня вибрации в источнике ее возникновения;
- рациональное размещение оборудования;
- борьба с вибрацией на путях ее распространения, в том числе изменение направленности излучения вибрации;
- использование средств виброизоляции и вибропоглощения.

Согласно СОУТ [32] уровень вибрации на рабочем месте сварщика соответствует нормам.

4.3.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещённости, соответствующей характеру зрительной работы.

Для освещения места производства работ необходимо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол $\geq 30^\circ$. Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах $10 \dots 30^\circ$.

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварке мест производства работ составляет 200 лк [25].

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности ($K_{\text{п}}$) должен быть не больше 10%. Коэффициент естественного освещения для сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1,5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении [33].

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 фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Согласно СОУТ [32] световая среда на месте производства сварочно-монтажных работ соответствует допустимым нормам.

4.3.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания

Источником фактора на рабочем месте является процесс сварки и резки металла, которые сопровождаются загрязнением воздушной среды оксидами металлов и мелкодисперсной металлической стружкой.

При автоматической сварке проволокой сплошного сечения в воздух рабочей среды выделяется сварочная пыль. Сварочная пыль представляет собой аэрозоль – взвесь частиц оксидов металлов и минералов в газовой среде. Основными составляющими аэрозоля являются оксиды железа (до 70%), марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредны соединения хрома, марганца и фтора. На рабочем месте допускаются следующие предельные концентрации веществ в воздухе (в мг/м³): марганец и его соединения – 0,10 (класс опасности - 2); хром и его соединения – 1,0 (класс опасности - 1); свинец и его соединения – 0,01 (класс опасности - 1); цинковые соединения – 5,00 (класс опасности - 3); оксид углерода – 20,00 (класс опасности - 4); фтористый водород – 0,50 (класс опасности - 2); оксид азота – 5,00 (класс опасности - 3) [23].

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м^3 не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг/м^3 [23].

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха [26].

Для эффективного производства работ сварщиками необходимо рассчитать систему воздухообмена в сварочной палатке.

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L = \frac{1000G}{x_b} - x_n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (16)$$

где $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ – потребный воздухообмен;

$G, \text{ г/ч}$ – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения:

$$G = N_{\text{людей}} g_{\text{co2}} = 1 \cdot 68 = 68 \text{ г/ч};$$

$x_b, \text{ мг/м}^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [26], равная $31,61 \text{ мг/м}^3$;

$x_n, \text{ мг/м}^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21 [23], равная $5,4825 \text{ мг/м}^3$.

Тогда:

$$L = \frac{1000G}{x_b} - x_n = \frac{1000 \cdot 68}{31,61} - 5,4825 = 2145,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Применяется также понятие кратности воздухообмена n , которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = L/V, \text{ ч}^{-1}, \quad (17)$$

где $V = 3 \cdot 3,2 \cdot 2,9 = 27,84 \text{ м}^3$, внутренний объем помещения.

Тогда:

$$n = \frac{L}{V} = \frac{2145,7}{27,84} = 77 \text{ ч}^{-1}.$$

Согласно СОУТ [32] показатели концентрации токсичных веществ на рабочем месте сборочно-сварочного участка не превышает допустимые значения и соответствует нормам.

4.3.6 Производственные факторы, связанные с неионизирующими излучениями, такими как инфракрасное излучение и ультрафиолетовое излучение

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная реакция на дугу производит ослепляющее действие.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электрофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи и роговиц глаз. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту). После 20-25 минут работы со сваркой необходимо делать перерыв, чтобы снизить негативное воздействие ультрафиолетового излучения.

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. В комплект защитной одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

Индивидуальные и коллективные средства защиты от поражения ультрафиолетовым излучением должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.254-2013 ССБТ [27].

4.3.7 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека, которое может привести к летальному исходу.

Источниками возникновения фактора, то есть основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- ошибочное включение электроустановки или несогласованные действия обслуживающего персонала.

Для предупреждения поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

- корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

- для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами;

- заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

- все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с поврежденной изоляцией категорически запрещается;

- спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями.

Рабочее место сварщика должно быть оборудовано и выполнено в соответствии с требованиями ПУЭ и ГОСТ 12.1.019-2017 [28].

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- проведение инструктажей и допуск к работе;
- надзор во время работы.

Для предотвращения поражения электрическим током на рабочем месте сварщика оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

4.3.8 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования

Источником данного фактора являются машины и оборудование, используемые на производстве, например сварочный автомат, движущийся по бандажу (направляющему поясу) во время сварки, сварочная головка,

совершающая колебания по время сварки, станок подготовки кромок перед сваркой.

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией [29].

Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих [29].

Если возможно возникновение нагрузок, приводящих к опасным для работающих разрушениям отдельных деталей или сборочных единиц, то производственное оборудование должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение разрушающих нагрузок, а такие детали и сборочные единицы должны быть ограждены или расположены так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций [29].

Конструкция производственного оборудования должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей.

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование [29].

Если функциональное назначение движущихся частей, представляющих опасность, не допускает использование ограждений или других средств,

исключающих возможность прикасания работающих к движущимся частям, то конструкция производственного оборудования должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности [29].

В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие [29].

4.3.9 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека

Источником воздействия этого фактора является работа со сварочным оборудованием в процессе сборки конструкции. Воздействие данного фактора на человека может быть выражено возникновением ожогов вплоть до 4, самой высшей, степени тяжести. Так как температура дуги в процессе сварки достигает 7000 °С, что выше температуры плавления всех существующих металлов. Тепло, распространяющееся в процессе сварки, обеспечивает нагрев всего металла конструкции, который находится вблизи места сваривания частей конструкции.

Для минимизации данного фактора следует руководствоваться ГОСТ 12.3.003-86 ССБТ [21]. Общие требования этого стандарта заключаются в том, что к выполнению сварочных работ допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда, освоившие безопасные методы и приемы выполнения работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами.

В случае возникновения в процессе сварки каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, работник должен обратиться к своему непосредственному или вышестоящему руководителю.

Работники, занятые сваркой, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты, такими как специальный костюм, перчатки (краги), сварочная маска и специальная обувь сварщика.

4.3.10 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

Источником воздействия данного фактора являются присутствующие острые, колющие, режущие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, к которым могут относиться, например, технологические части производственного оборудования, различные крепежи, кронштейны и прочие торчащие и выделяющиеся части оборудования.

Наиболее типичными травмами при воздействии данного производственного фактора являются ушибы, синяки, царапины, порезы, разрывы мягких тканей организма человека.

Согласно ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ [30] требования к конструкции конкретных средств защиты устанавливаются в стандартах и технических условиях на конкретные средства защиты и виды оборудования. Также существуют специальные средства защиты, такие как оградительные, предохранительные, тормозные, блокировочные, автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления и знаки безопасности. Например, кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны.

На рабочем месте сварщика возможное воздействие данного фактора минимизировано, потому что при производстве сварочного оборудования и оснастки выполняются эргономические требования, так как это влияет на производительность и качество выполняемых работ.

4.4 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений [18].

Разрабатываемая конструкция из труб представляет собой сварное соединение из труб встык. При производстве данной конструкции в процессе сварки неизбежно присутствует загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ. На селитебную зону воздействия не оказывается, так как строительство магистральных газопроводов производится на большом удалении от населенных пунктов.

При выполнении работы образовывались следующие отходы: остатки металла после подготовки конструкции к сборке, остатки электродов (огарки). Загрязнители атмосферы поступают в воздух через вентиляционные выбросы, их концентрация относительно невелика, однако из-за огромных валовых выбросов через вентиляцию атмосфера получает большое количество загрязнения. Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения, являются парами металлов, которые появляются при плавлении покрытых электродов. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [26] для минимизации последствий загазованности воздуха на предприятии используется система вентиляции, причем конструкция и разводка вентиляционной сети обеспечивает возможность регулярной очистки воздухопроводов, а внутренние поверхности воздухопроводов вытяжных систем и вентиляторы периодически очищаются от флюса и оксидов металлов, которые оседают на поверхности воздухопроводов.

В сварочной палатке присутствует местная вытяжная вентиляция, что соответствует нормам ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [26].

При выходе из строя сварочного оборудования утилизация микросхем осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55102-2012 [34].

Устройство, вышедшее из эксплуатации, согласно ГОСТ Р 55102-2012 [34] должно пройти следующие стадии: сбор, хранение, транспортирование и разборка ОЭЭО (отработавшее электротехническое и электронное оборудование).

Приоритетом разборки является обеспечение возможности повторного использования ОЭЭО для первоначальных и иных целей после дополнительной обработки.

При отсутствии возможности повторного использования ОЭЭО подлежит другим способам утилизации, при этом сжигание должно рассматриваться как наименее предпочтительный вариант утилизации, так как все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах.

Люминесцентные лампы, используемые в месте производства работ в качестве дополнительного искусственного освещения, утилизируются согласно ГОСТ Р 52105-2003 [35] специализированными и имеющими лицензию на данный вид деятельности организациями.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе описан краткий анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемой конструкции [18].

4.5.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве

Наиболее вероятными ЧС при производстве работ могут являться следующие ситуации:

- техногенные аварии (пожар, взрыв);
- геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);

- природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган, разряды атмосферного электричества и т.д.);
- различного рода аварии (радиационная, промышленная, химическая, биологическая, транспортная).

4.5.2 Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть при разработке и изготовлении объекта исследования

Исходя из того, что объект исследований представляет из себя металлическую конструкцию, которую необходимо собрать с помощью сварки, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар, который может возникнуть в результате короткого замыкания в сварочном оборудовании или при возгорании находящихся рядом предметов.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Мерами, которые следует проводить для предотвращения ЧС, а именно пожара, являются:

- проведение пожарной профилактики;
- установка пожарных извещателей;
- оснастка аудиторий первичными средствами пожаротушения.

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 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» [37] для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно НПБ 104-03 [38] 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.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [39] помещение, предназначенное для эксплуатации результатов проекта, относится к типу П-2а. Данным обозначением характеризуются зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

При проведении сварочных работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении сварочных работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае участок должен быть оборудован специальными средствами пожаротушения:

– огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания).

В случае возникновения пожара необходимо выполнить следующие действия:

- принять меры к вызову на место пожара группу пожарных, а также непосредственного руководителя или других должностных лиц;

- оповестить персонал производственного помещения и принять меры к тушению очага пожара;

- горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем.

В случае срабатывания системы пожарных извещателей необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию работников.

Правила по охране труда при выполнении электросварочных работ указаны в приказе от 11 декабря 2020 г. N 884н [20], соблюдая которые можно минимизировать риски возникновения ЧС.

4.6 Вывод по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует СОУТ [32], которые также были продемонстрированы в данном разделе, за исключением фактора, обладающего свойствами психофизиологического воздействия на организм человека. Для минимизации влияния данного фактора на организм человека достаточно соблюдать меры, приведенные в МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности [40].

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует категории – «помещения с повышенной опасностью» [41].

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы II по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током.

Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории IIб (работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением) [23].

Сварочная палатка относится к категории помещения группы Г по взрывопожароопасности, возможный класс пожара В. Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени.

Рассмотренный объект, оказывающий незначительное негативное воздействие на окружающую среду, относится к объектам III категории [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом выполнения выпускной квалификационной работы является ознакомление с особенностями автоматической сварки комплексами оборудования зарубежного и отечественного производства, составом, устройством и функциями данных комплексов и создание технологии изготовления рассматриваемой конструкции с использованием оборудования и сварочных материалов отечественного производства.

Проанализированы химические составы и механические свойства сварочных проволок отечественного производства, что дает возможность говорить о их применении взамен импортных сварочных проволок.

Предложенные технические решения позволяют оптимизировать процесс сварки и использовать отечественные сварочные материалы, что повысит качество выполняемых работ и производительность работ и при изготовлении ответственных конструкций.

Отечественными производителями комплексов автоматической сварки и оборудования для автоматической сварки на сегодняшний день являются, например, ЗАО «Псковэлектросвар», НПП «Технотрон», АО «Уралтермосвар», ЗАО «НПФ «ИТС».

При соблюдении изложенного в данной работе материала и рекомендаций можно обеспечить благоприятное формирование сварного шва, равнопрочность и долговечность сварного соединения, и обеспечить высокую производительность сварочно-монтажных работ.

Однако до начала производственных работ по назначенным режимам требуется проверка их на практике.

По рассчитанным показателям экономической оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения можно уверенно сделать вывод о том, что использование автоматической сварки является затратным, но по мере производства работ данное оборудование быстро окупается и показывает

высокие параметры в скорости работы, что и является основанием его использования.

Проведен анализ процесса производства конструкции на предмет влияния вредных и опасных производственных факторов на сварщика. Предложены меры и мероприятия для снижения их действия на рабочего, а также для предотвращения и ликвидации, в случае возникновения, чрезвычайных ситуаций. Прописаны требования безопасности при проведении сварочных работ.

Приложение Б является комплектом технологической документации на изготовление конструкции, разработанный в связи с вышеперечисленными требованиями и расчетами.

Приложение В представляет собой чертеж разрабатываемой конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексы оборудования для сварки магистральных трубопроводов ЗАО «Псковэлектросвар»: сайт. – URL: https://pskovelectrosvar.ru/products/0_1/ (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
2. Мобильный комплекс сварки трубопроводов МКСТ НПП «Технотрон»: сайт. – URL: <http://технотрон.пф/catalog/peredvizhnye-kompleksy/mobilnyj-kompleks-svarki-truboprovodov-mkst> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
3. Сварочное оборудование для автоматической сварки АО «Уралтермосвар»: сайт. – URL: https://uraltermosvar.ru/catalog/po-sposobu-svarki/f/tip_svarki-is-avtomaticheskaya_svarka/ (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
4. Сварочное оборудование и его комплектующие ЗАО «НПФ «ИТС»: сайт. – URL: <https://npfets.ru/catalog/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
5. СТО Газпром 2-2.2-136-2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных трубопроводов: дата введения 2007-09-22. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/54/54452/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
6. AWS A5.18/A5.18M:2005. Стандартная спецификация на сварочные прутки и электроды из углеродистой стали для дуговой электросварки в защитном газе: дата введения 2005. – URL: <https://www.ventsvar.ru/upload/iblock/ef4/ef4b1b925534467abebeec61056faf82.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.
7. AWS A5.23/A5.23M:2021. Стандартная спецификация на электроды и флюсы из низколегированной стали для электродуговой сварки под флюсом: дата введения 2021. – URL: <https://www.ventsvar.ru/upload/iblock/689/689c1cb45180b161298d69d4001b5cea.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

8. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная: дата введения 1973-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005429> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

9. ГОСТ 10157-2016. Аргон газообразный и жидкий: дата введения 2017-07-01. – URL: <https://base.garant.ru/71750670/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

10. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая: дата введения 1987-01-01. – URL: <https://base.garant.ru/5369713/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

11. Инструкция по механизированной и автоматической односторонней сварке неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов: дата введения 2015. – URL: <https://svares.ru/images/tehnotron/files/doc4.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

12. Сварочный аппарат инверторного типа ДС 400.33М: сайт. – URL: <http://технотрон.рф/catalog/ruchnaja-dugovaya-svarka-mma/dc-40033m> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

13. СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов: дата введения 2006-10-30. – URL: <https://ntcexpert.ru/documents/STO-Gazprom-2-2-4-083-2006.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

14. СТО 9701105632-003-2021. Инструкция по визуальному и измерительному контролю: дата введения 2021-03-26. – URL: https://svarikon.ru/wp-content/uploads/2021/03/STO_9701105632-003-2021.pdf (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

15. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые: дата введения 2015-07-01. – URL:

https://ntcexpert.ru/documents/docs/GOST_R_55724.pdf (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

16. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод: дата введения 1984-01-01. – URL: <http://icnk-rb.ru/assets/img/documents/gost/gost-7512-82-s-izm.1.pdf> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

17. Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

18. Пашков Е.Н., Сечин А.И., Мезенцева И.Л., Антонец О.А., Авдеева И.И. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра/инженера всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – 18 с.

19. Российская Федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон №197-ФЗ: [принят Государственной Думой 30 декабря 2001 года]. – Текст: электронный. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 15.05.2023).

20. Российская Федерация. Законы. Приказ Минтруда РФ от 11.12.2020 N 884Н «Об утверждении Правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ»: [принят Государственной Думой 11 декабря 2020 года]. – Текст: электронный. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 15.05.2023).

21. ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением №1): дата введения 1988-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006408> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

22. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62075/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

23. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: (СанПиН 1.2.3685-21): официальное издание: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021: введены в действие 01.03.2021. – Москва, 2023. – 736 с.: (Санитарные правила и нормы). – ISBN 978-5-908080-75-0.

24. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

25. Естественное и искусственное освещение (СП 52.13330.2016): официальное издание: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.11.2016: введены в действие 08.05.2017. – Москва, 2023. – 165 с.: (Свод правил).

26. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

27. ГОСТ 12.4.254-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах: дата введения 2014-06-01. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200108361> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

28. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

29. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности: дата введения 1992-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901702428> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

30. ГОСТ 12.4.125-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация: дата введения 1984-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901702099> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

31. ГОСТ 12.1.029. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация: дата введения 1981-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200292> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

32. Специальная оценка условий труда ООО «Газпром трансгаз Томск». Перечень рекомендуемых мероприятий по улучшению условий труда.

33. ГОСТ 33393-2015. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности: дата введения 2017-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127444> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

34. ГОСТ Р 55102-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за

исключением ртутьсодержащих устройств и приборов: дата введения 2013-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104723> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

35. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения: дата введения 2004-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032452> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

36. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103182> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

37. Российская Федерация. Законы. Технический регламент. О требованиях пожарной безопасности: [принят Государственной Думой 4 июля 2008 года]. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 15.05.2023).

38. Министерство Российской Федерации. Приказы. Об утверждении норм пожарной безопасности «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» (НПБ 104-03): дата введения 2003-06-20. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901866573> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный.

39. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (СП 12.13130.2009): официальное издание: утверждено приказом МЧС России от 25.03.2009: введены в действия 01.02.2011. – Москва, 2023. – 28 с.: (Свод правил).

40. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности (МР 2.2.9-2311-07): официальное издание: утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 18.12.2007: введены в действие 18.03.2008. –

Москва, 2023. – 52 с.: (Методические рекомендации). – ISBN 978-5-908080-23-3.

41. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.1 общая часть (Издание седьмое) (Правила устройства электроустановок): официальное издание: утверждено Министерством энергетики Российской Федерации от 08.07.2022: введены в действия 01.01.2003. – Москва, 2023. – 584 с.: (Правила). – ISBN 978-5-903089-16-1.

42. Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (Критерии): официальное издание: утверждено Правительством Российской Федерации от 31.12.2020: введены в действия 01.01.2021. - Москва, 2023. – 16 с.: (Критерии). – ISBN 978-5-902080-71-8.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Сварочные материалы для автоматической сварки газопроводов

Таблица А.1 – Проволоки сплошного сечения для автоматической сварки в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Назначение	Марка	Классификация	Диаметр, мм	Производитель
1	2	3	4	5
Для сварки первого внутреннего (корневого) слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. многоголовочным автоматом ИВМ (IWM) фирмы «CRC-Evans AW» Для сварки первого наружного слоя («горячего прохода»), заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками П-200 (P-200), П-260 (P-260) фирмы «CRC-Evans AW» и сварочными головками ЕВМ (EWM) фирмы «Autoweld Systems»	Thyssen K-Nova (TS-6)	ER70S-G по AWS A5.28	0,9	Böhler-Schweißtechnik Deutschland (Германия)
Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками П-600 (P-600) фирмы «CRC-Evans AW»	K-600	ER80S по AWS A5.28	1,0	Böhler-Schweißtechnik Deutschland (Германия)

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5
Для сварки первого внутреннего (корневого) слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. многоголовочным автоматом ИВМ (IWM) фирм «CRC-Evans AW», «Autoweld Systems» Для сварки первого наружного слоя («горячего прохода»), заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками ЕВМ (EWM) фирмы «Autoweld Systems»	SG3-P	ER70S-6 по AWS A5.18	0,9	Böhler-Schweißtechnik Austria (Австрия)
Для сварки корневого слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. сварочными головками М300-С (М300) фирмы «CRC Evans AW»	Super Arc L-56	ER70S-6 по AWS A5.18	1,14	The Lincoln Electric Company (США)
Для сварки всех слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. комплексом оборудования CWS.02 фирмы «PWT»	OK Autrod 12.66	ER70S-6 по AWS A5.18	1,0	ESAB VAMBERG sro (Чехия)
Для сварки всех слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ. комплексом оборудования Saturnax фирмы «Serimax»	Lincoln Supra Mig	ER70S-6 по AWS A5.18	1,0	Lincoln Electric (U.K.) Ltd. (Великобритания)
	Thyssen K-Nova Ni	ER80S-G по AWS A5.28	1,0	Böhler-Schweißtechnik Deutschland (Германия)

Таблица А.2 – Защитные газы и их смеси для автоматической сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Назначение	Защитный газ	Способ сварки
1	2	3
Для сварки первого (корневого, внутреннего) слоя шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ.	100 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения комплексом оборудования CWS.02 фирмы «PWT»
	50 % Ar, 50 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения комплексом оборудования «Saturnax» фирмы «Serimax»
	75 % Ar, 25 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения многоголовочным автоматом IBM (IWM) фирмы «CRC-Evans AW» Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками M300-C (M300) фирмы «CRC-Evans AW»
	80 % Ar, 20 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения многоголовочным автоматом BMC фирмы «Autoweld Systems»
Для сварки «горячего прохода» шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ.	100 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками П-200 (P-200), П-260 (P-260) фирмы «CRC-Evans AW» Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками ВГС фирмы «Autoweld Systems» Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения комплексом оборудования CWS.02 фирмы «PWT»
	100 % CO ₂	Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками ВГС фирмы «Autoweld Systems»
	45 ± 5 % Ar, 55 ± 5 % CO ₂	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения комплексом оборудования CWS.02 фирмы «PWT»
Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб из сталей с классом прочности до К60 включ.	50 % Ar, 50 % CO ₂	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения комплексом оборудования Saturnax фирмы «Serimax»
	75 % Ar, 25 % CO ₂	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками П-200 (P-200), П-260 (P-260) фирмы «CRC-Evans AW» Автоматическая односторонняя сварка порошковой проволокой сварочными головками M300-C (M300) фирмы «CRC-Evans AW»
	85 % Ar, 15 % CO ₂	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения сварочными головками П-600 (P-600) фирмы «CRC-Evans AW»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Комплект технологической документации

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

		ФЮРА.02190.315	10	1
--	--	----------------	----	---

ТПУ			ФЮРА.02190.001		
Стыковое сварное соединение труб диаметром 1420 мм			У		

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАЛ
Доцент ОЭИ ИШНКБ
_____ Гордынец А.С.
23.05.2023 г.

УТВЕРДИЛ
Доцент ОЭИ ИШНКБ
_____ Гордынец А.С.
23.05.2023 г.

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
на технологический процесс изготовления стыкового сварного соединения труб диаметром
1420 мм с толщиной стенки 25,8 мм

ПРОКОНТРОЛИРОВАЛ
Доцент ОЭИ ИШНКБ
_____ Киселёв А.С.
23.05.2023 г.

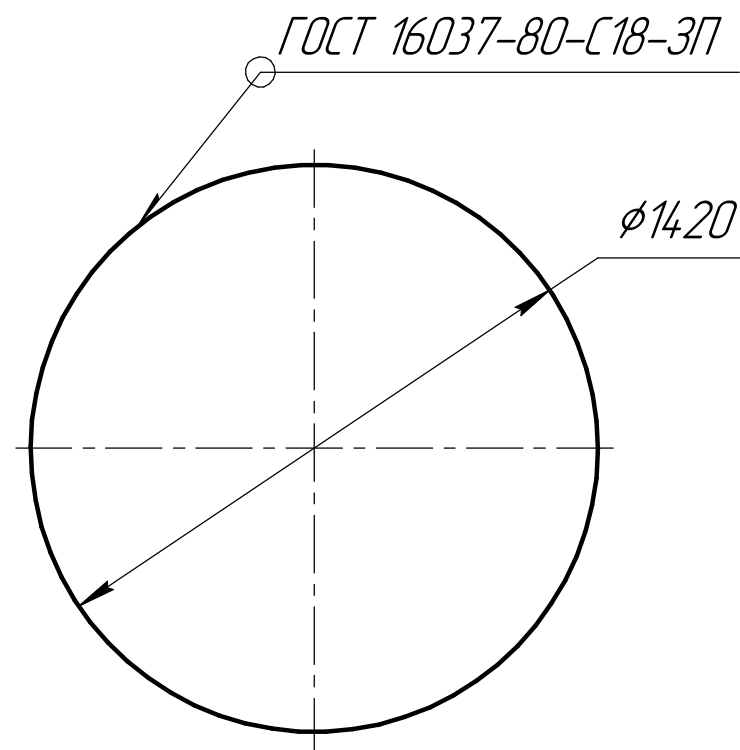
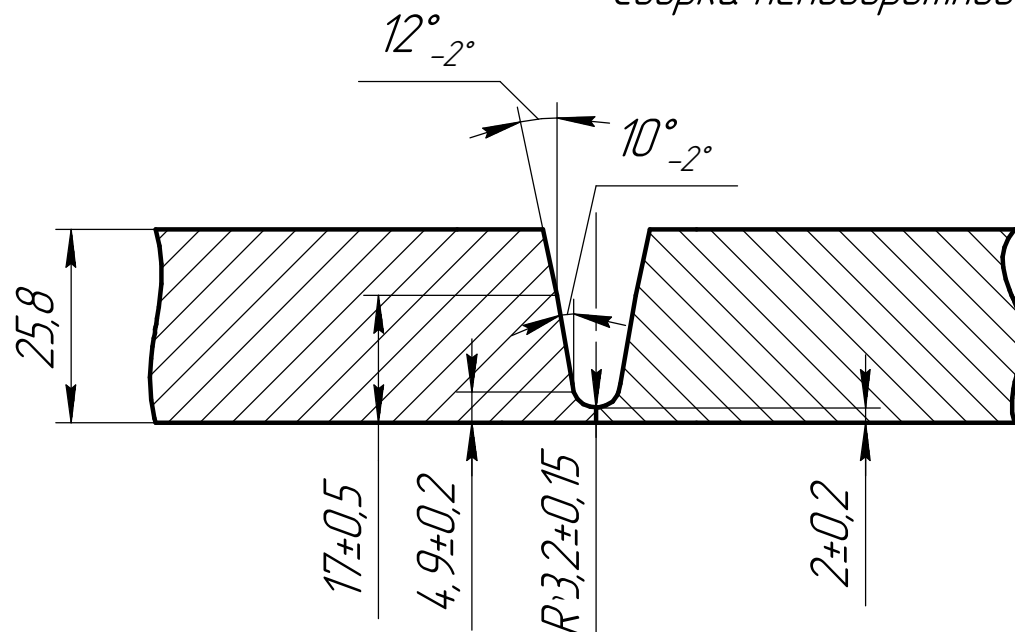
РАЗРАБОТАЛ
Студент группы 1ВМ11
_____Иванов А.Г.
22.05.2023 г.

АКТ №1 от 23.05.2023 г.

СТО Газпром 2-2.2-136-2007

[illegible]

Сборка неповоротного стыка трубопровода



Примечание: Перед сборкой и сваркой труб необходимо:

–произвести визуальный осмотр поверхности труб (при этом трубы не должны иметь недопустимых дефектов, регламентированных техническими условиями на поставку труб);

—очистить внутреннюю полость труб от попавшего внутрь грунта, грязи, снега;

–выпрямить или обрезать деформированные концы и повреждения поверхности трцб;

–очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб на ширину не менее 10 мм.

Допускается правка плавных вмятин на торцах труб глубиной до 3,5% диаметра труб и деформированных концов труб безударными разжимными устройствами. Участки и торцы труб с вмятиной глубиной более 3,5% диаметра трубы или имеющие надрывы необходимо вырезать.

Допускается ремонт сваркой забоин и задирав фасок глубиной до 5 мм. Концы труб с забоинами и задирами фасок глубиной более 5 мм следует обрезать. Сборка труб должна производиться на внутреннем центраторе, входящем в состав комплекса. При сборке труб с одинаковой нормативной толщиной стенки смещение кромок допускается на величину до 20% толщины стенки трубы, но не более 3 мм при дуговых методах сварки.

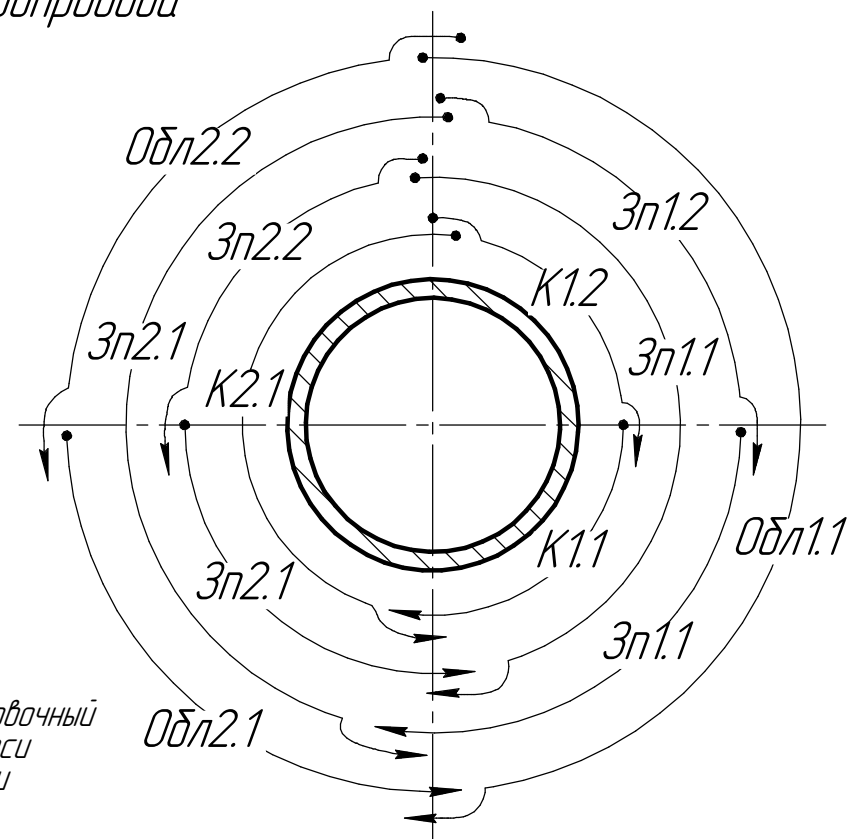
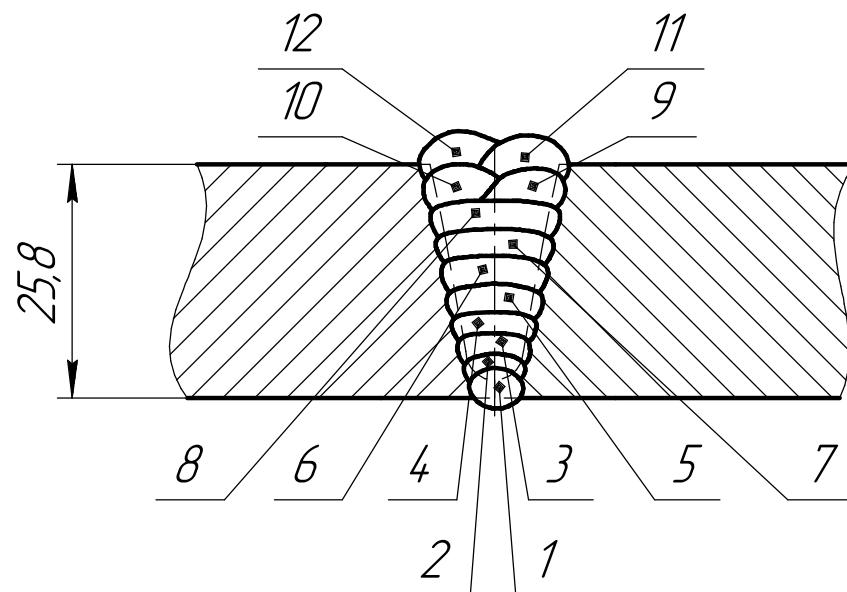
Дүдл.			
Взам.			
Пордл.			

	ФЮРА.02190.315	2	2
--	----------------	---	---

Разработчик	Иванов А.Г.		22.05.2023	ТПУ			ФЮРА.20190.003
Проверил	Киселев А.С.						

					Стыковое сварное соединение труб диаметром 1420 мм	У		015
И. контр.	Гордынец А.С.							

Сварка неповоротного стыка трубопровода



В обозначении слоев шва приняты сокращения: К-корневой слой, Зп-заполняющий, Обл-облицовочный слой; первая цифра обозначает половину сварного соединения относительно вертикальной оси (1-правая половина, 2-левая половина); вторая цифра обозначает последовательность сварки в пределах слоя; → - указывает направление сварки; 1...12 - количество и порядок сварки проходов (валиков).

Примечание: Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в среде активных газов и смесях на медноподкладном кольце неповоротных кольцевых стыковых соединений труб и узлов трубопроводов сварочными комплексами УАСТ-1 должна выполняться постоянным током обратной полярности «на спуск» с поперечными колебаниями горелки одновременно двумя сварочными головками, при этом каждая головка сваривает свою половину периметра стыкового соединения. Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя (замки) должны быть обработаны механическим способом для предотвращения образования дефектов типа несплавлений и удаления кратерных трещин. Размах колебаний сварочной горелки при сварке облицовочного шва должен обеспечивать необходимую величину перекрытия свариваемых кромок труб.

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
															ФЮРА.02190.315			3	
															ФЮРА.10190.006				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
30	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	5	2	2	2								
31	Центратор внутренний с медным подкладным кольцом					2	слесарь	5	1	2	2								
К/М32	Собранное соединение из труб					ГОСТ 16037-80													
33	Круги шлифовальные, Ø230 мм					ГОСТ 21963-2002													
34	Сварочная проволока Св-08Г2С					ГОСТ 2246-70													
35	Газовая смесь Ar (50%) + CO2 (50%)					ГОСТ 8050-85, ГОСТ 10157-2016													
О36	Проверить температуру подогрева стыка контактным термометром, если она окажется ниже 50°C, то осуществить сопутствующий подогрев до температуры 50-250°C.																		
37	Произвести сварку стыка в последовательности, указанной на эскизе ФЮРА.20190.003, поддерживая при этом межслойную температуру подогрева 250-400°C. Интервал времени между сваркой корневого слоя и "горячего прохода" не должен превышать 10 минут.																		
38	После сварки "горячего прохода" разрешается освободить жимки центратора и переместить центратор на следующий стык.																		
39	Сварку всех слоев шва производить "на спуск" сварочной проволокой Ø1 мм на постоянном токе обратной полярности, обеспечивая межслойную зачистку от брызг металла абразивным инструментом.																		
40	Облицовочный слой сварного шва должен перекрывать основной металл в каждую сторону от шва на 1,5-2,5 мм и иметь усиление высотой 1-3 мм.																		
41	Произвести зачистку облицовочного слоя при помощи щетки по металлу и абразивного инструмента.																		
42	Установить термоизолирующий пояс на стык для медленного и равномерного остывания сварного соединения.																		
Т43	Щетка по металлу, контактный термометр, термоизолирующий пояс, УШС-3, штангенциркуль.																		
44																			
МК		Маршрутная карта													10				

ПРИЛОЖЕНИЕ В

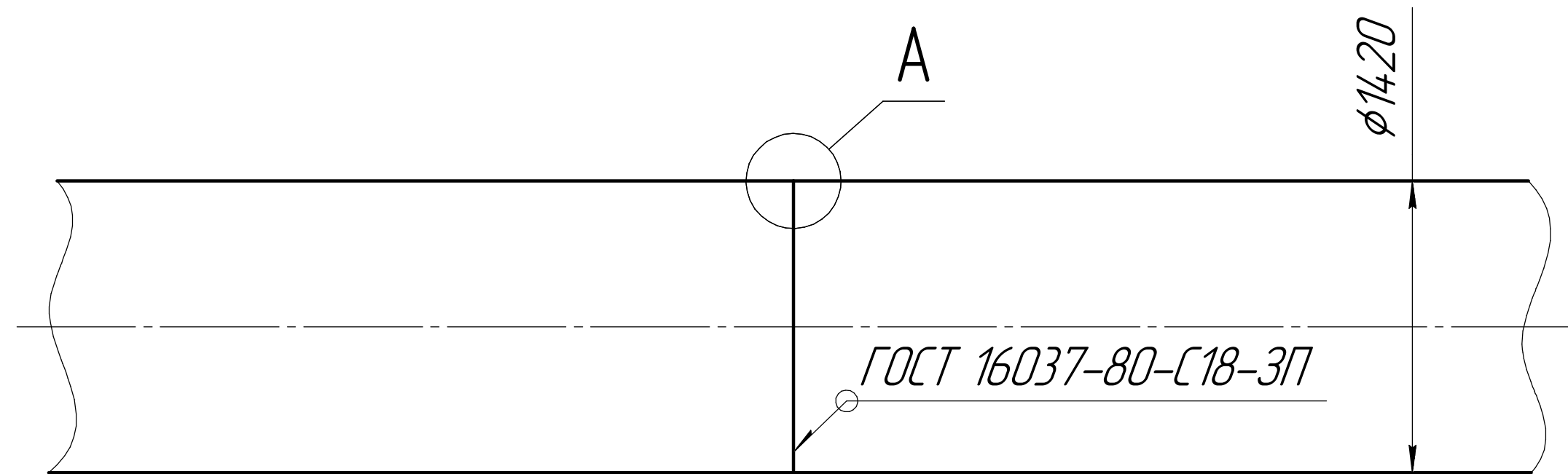
(обязательное)

Чертеж разрабатываемой конструкции

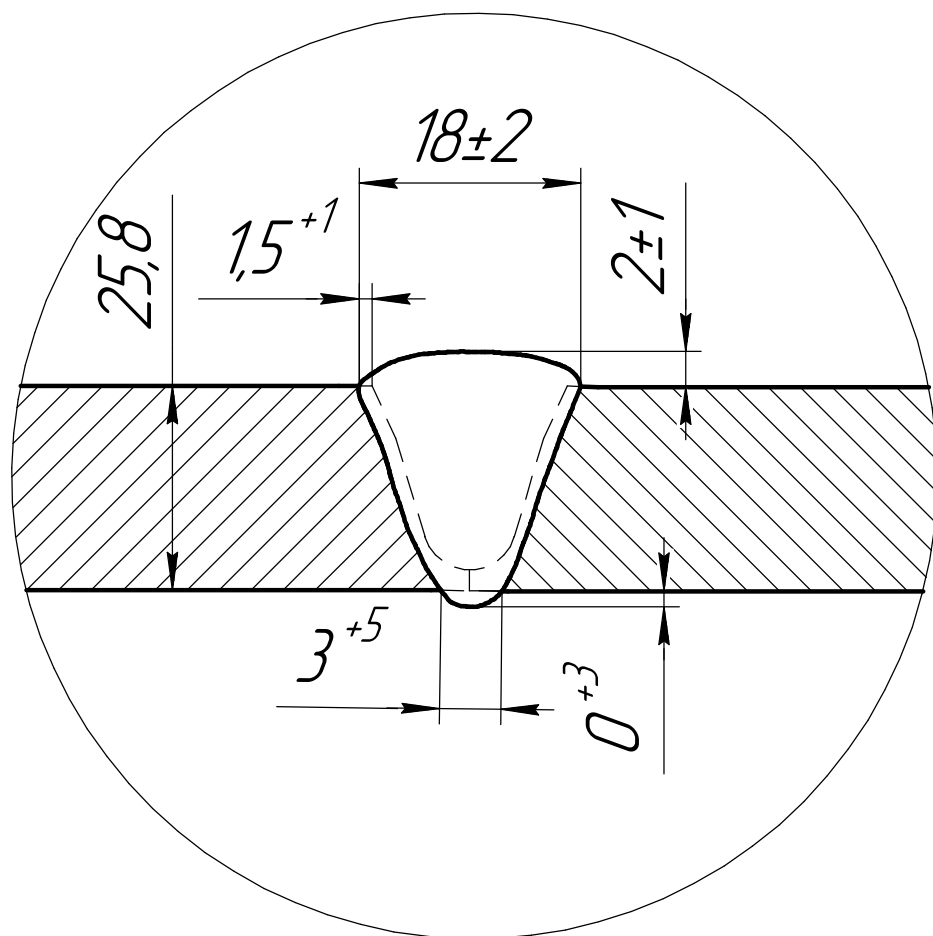
КОМПАС-3D v20 Учебная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.

ФЮРА.302162.315



A(22:1)



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.302162.315		
Разраб.	Иванов А.Г.				Стыковое соединение труб	Лит.	Масса
Пров.	Киселев А.С.						
Т.контр.						Лист	Листов
Н.контр.	Гордынец А.С.						
Утв.							
Копировал						Формат А3	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Rationale for the choice of parameters of the pipeline welding regime when using domestic equipment and materials

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ11	Иванов Александр Георгиевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Щеголихина Ю.В.	к.ф.н.		

INTRODUCTION

Automatic gas-shielded solid wire welding is a welding process in which the welding wire is fed automatically through the welding gun and shielding gas is supplied around the welding arc to protect the weld from the surrounding atmosphere.

The automatic welding system includes a welding power source, control system and welding gun. It is used for welding in production, where higher productivity and high quality of the welded joint are required.

In gas-shielded solid wire welding, the welder is not involved in the wire feeding process, which increases welding speed and accuracy. This welding method is widely used in automotive, shipbuilding, oil and gas and other industries where high quality welded joints and higher productivity are required.

1 AUTOMATIC WELDING OF GAS LINES WITH SOLID WIRE IN SHIELDING GAS

The existing construction technology of the linear part of the main gas pipelines provides for the use of two types of bases: semi-stationary and mobile (mobile). The use of pipe welding bases allows to mechanize assembly operations, apply high-capacity welding methods, organize in-line quality control of welding work. At semi-stationary bases welded pipe joints are made in rotary position using automatic submerged arc welding. When constructing the linear part of the main gas pipelines, the use of each type and their arrangement along the route are determined by technical and economic calculations, terrain conditions, the degree of mechanization and automation of bases, labor productivity, etc.

Automatic bilateral (AABP) and unilateral (UWG) welding with solid wire in shielding gases using welding units as part of assembly-welding columns is recommended for welding of nonrotating circular butt joints in long gas pipeline sections, since it has a high degree of mobility, which in turn affects productivity and construction time. Another advantage of automatic welding with solid wire in shielding gas is welding in a narrowing of the edges, which helps to minimize heat input, which, in turn, reduces the zone of thermal influence, and also contributes to the reduction of the volume of weld metal, which, accordingly, affects the productivity of welding and welding material consumption [5].

1.1 Automatic two-sided solid wire welding under shielding gas

Automatic two-sided one- or two-arc welding with solid wire in shielding gases (AADP) by welding complexes (units) as part of assembly-welding columns is recommended for welding of nonrotated circular butt joints of pipes of long sections of gas pipelines [5].

The assembly-welding column is required to have the following components:

- A multi-head, single-arc automatic welding machine situated inside the pipe, equipped with an internal self-propelled centering device (one such device for each assembly-welding column);
- Welding complexes (installations) for performing automatic single or double arc welding on the outside of the pipe;
- A hydraulically or electrically-driven pipe edge preparation machine, which is a part of the hoisting crawler technology (one or two of these machines for each assembly-welding column);
- A parameter programmer for automatic double-sided single and double arc welding modes (one or two of these for each assembly-welding column);
- A mobile workshop (in the form of a block container or wheeled equipment-based) or a self-propelled workshop (built on wheeled or tracked equipment) for equipment adjustment, repair and storage of spare parts of the assembly-welding column (one such workshop for each assembly-welding column).

The number of welding complexes (units) in the assembly-welding column for in-line welding is determined by the wall thickness of the gas pipeline and the required productivity of the welding and installation work. To repair defective areas of the root layer of the weld from inside the pipe, welding equipment for mechanized welding with solid wire in shielded gases (such as welding current sources, wire feeders, and welding torches) or manual arc welding (welding current sources) should also be included in the assembly-welding column [5].

Geometrical parameters of pipe edge preparation and joint assembly for automatic double-sided welding are shown in Figure 1, values of geometrical parameters of pipe edge preparation are given in Table 1. Edge trimming of pipe ends shall be performed mechanically by SPK type edge trimming machines in advance before the beginning of assembly-welding works.

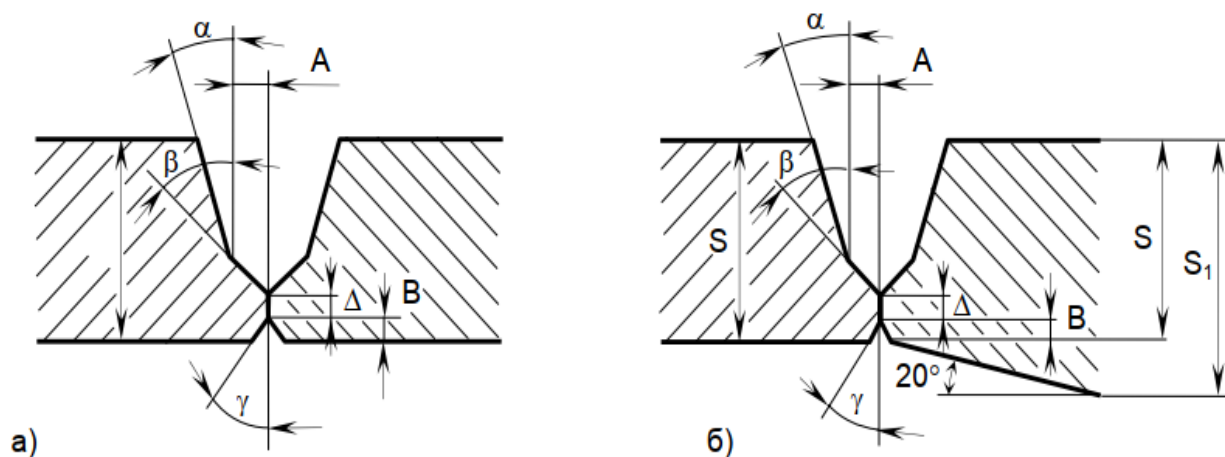


Figure 1 - Geometric parameters of edge cutting and joint assembly for automatic bilateral welding with a solid wire in shielding gases: *a* - connection of pipes with the same wall thickness; *b* - connection of pipes with different wall thickness

Table 1 - Values for geometric parameters of edge preparation for automatic two-sided welding with solid wire

Parameter designation	Parameter value
α	From $(5^\circ \pm 1^\circ)$ to $(10^\circ \pm 1^\circ)$
β	From $(45^\circ \pm 1^\circ)$ to $(52^\circ \pm 1^\circ)$
γ	$37,5^\circ \pm 1^\circ$
A , mm	From $(2,3 \pm 0,2)$ to $(3,6 \pm 0,2)$
B , mm	From $(1,0 \pm 0,2)$ to $(1,8 \pm 0,2)$
Δ , mm	from $(1,0 \pm 0,2)$ to $(1,8 \pm 0,2)$

The scheme of automatic two-sided welding of nonrotating circular butt joints of pipes is shown in Figure 2.

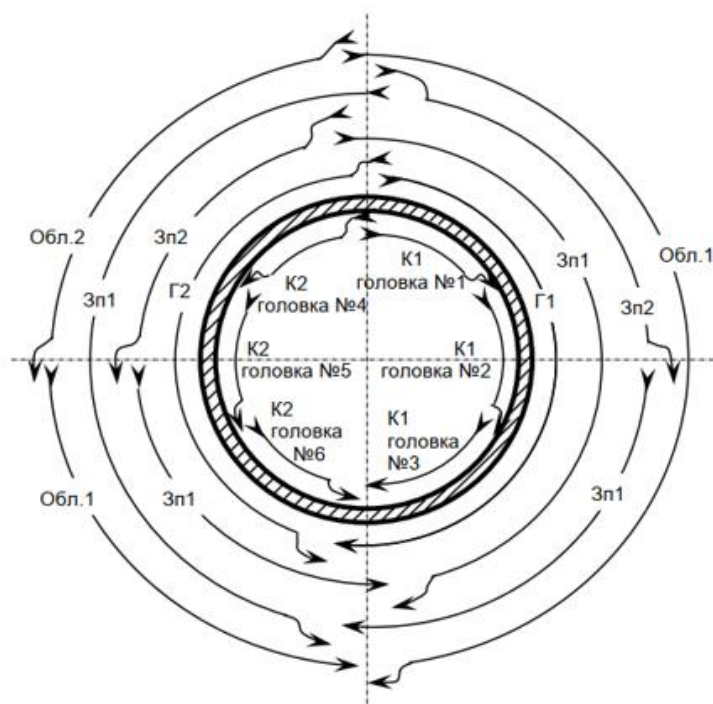


Figure 2 - Scheme of automatic two-sided welding of nonrotating circular butt joints of pipes

1.1.1 Automatic two-sided welding with solid wire in shielding gases using the CRC-Evans AW welding system

Welding complex "CRC-Evans AW" is designed for automatic two-sided one- or two-arc welding with a solid wire in shielding gas (AADP) of nonrotating circular butt joints of gas pipelines with a diameter from 630 to 1420 mm [5].

The welding complex "CRC-Evans AW" performs:

- single-arc welding with an IWM multi-head machine mounted on an internal self-propelled centering device, "on descent" from inside the pipe of the inner (root) layer of the weld;
- single arc welding with two weld heads "P-200", "P-260" "on descent" outside the pipe "hot pass", filling and facing layers of the seam;
- Two-arc welding with two P-600 weld heads "on descent" outside the pipe of the two-valve filling and facing layer of the weld.

Figure 3 shows the IWM multihead automat" ("IWM") mounted on an internal self-propelled centralizer.



Figure 3 - Internal welding station "IWM" ("IWM")

Figure 4 shows the welding head "P-260" ("P-260"), designed for single-arc welding of filling and facing layers of the weld outside the pipe [5].

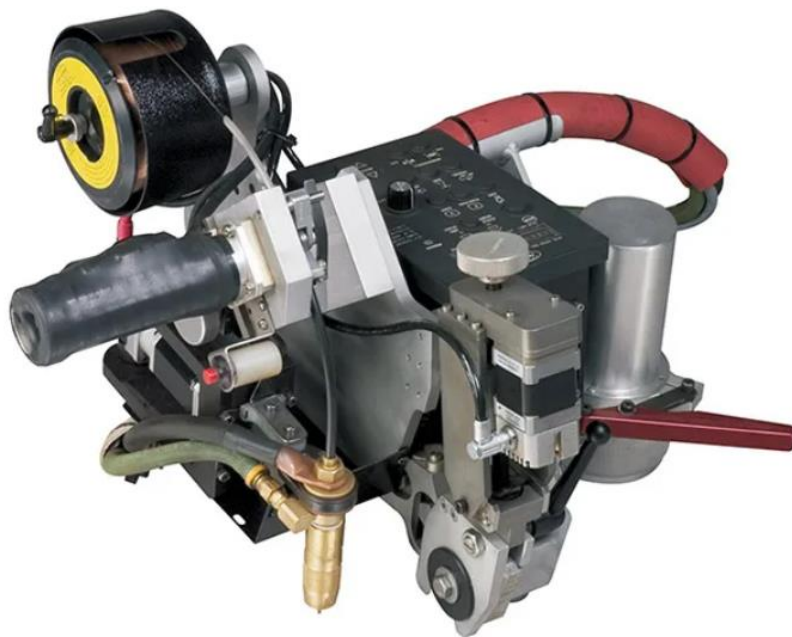


Figure 4 - Welding head "P-260" ("P-260")

Figure 5 shows the welding head "P-600" designed for two-arc welding of the filler and facing layers of the seam outside the pipe.



Figure 5 - Welding head "P-600" ("P-600")

The geometric parameters of edge cutting and assembly of pipe joints for welding with the "CRC-Evans AW" complex shall comply with the requirements of Figure 1 and Table 1. Welding scheme must comply with the requirements of the scheme shown in Figure 2, with the number of seam layers is regulated in the operational and technological map for the assembly and welding depending on the wall thickness.

1.1.2 Automatic two-sided welding with solid wire in shielding gases using the "Autoweld Systems" welding system

Autoweld Systems welding unit is designed for automatic two-sided single-arc welding with a solid wire in shielding gas (AADP) of nonrotating circular butt joints of gas pipelines with a diameter from 630 to 1420 mm [5].

The Autoweld Systems welding complex is designed for carrying out welding works in the following ways:

- Mechanized single-arc welding of the root layer of the weld from inside the pipe, using a multi-head automatic welding machine "VMS" mounted on an internal self-propelled centering device.

- Single-arc welding with two "VGS" welding heads "downhill" on the outside of the hot pass pipe, filling and facing layers of the weld.

Welding is performed using multiple welding complexes (units) as part of an assembly-welding column in an in-line manner. The root layer of the weld is performed by a multi-head machine combined with an internal self-propelled centering device, the "hot pass" of the weld by one welding complex, the filling layers by one or several welding stations, and the facing layer by one welding station. Alternatively, a multi-head machine is used for the weld root layer, and one welding station with two welding heads is used for hot pass, filling, and facing layers [5].

The Autoweld Systems welding unit for automatic single-arc welding on the outside of the pipe comprises of the following:

- Two welding heads "VGS" with remote control wire feeders (one standby - recommended) for single-arc welding of all seam layers (root layer, "hot pass", filling and facing layers).

- A guide belt for two welding heads (one spare is recommended).

- A power supply unit with a diesel generator based on wheeled or tracked equipment with two separate sources of welding current of inverter or thyristor type per welding complex (one reserve - recommended). It also includes a boom for installation and movement of protective inventory shelters (tents), with a frame of cylinders of protective gases, gas mixers, and equipment for controlling the gas mixture [5].

The geometric parameters of edge cutting and pipe joint assembly for welding with Autoweld Systems must comply with the requirements of figure 1.

1.2 Automatic single-sided solid wire welding under shielding gas

Automatic single-side single- or double-arc solid wire welding in shielding gases (SSW) by welding complexes (units) as part of assembly-welding columns is recommended for welding of nonrotating ring butt joints of pipes of long sections of gas pipelines [5].

The welding system used for stream-disjoint welding should consist of the following components:

- welding complexes (installations) for automatic one-sided welding;
- internal self-propelled centering device equipped with a copper pad ring, powered by pneumatic or hydraulic drive (one per welding column);
- hydraulically or electrically driven pipe edge preparation machine as part of the hoisting crawler technology (one or two per welding column);
- parameter programmer capable of automatic single and double arc welding modes (one or two per welding column);
- mobile workshop (block container or based on wheeled equipment) or self-propelled workshop based on wheeled or tracked equipment (one per welding column) for equipment adjustment, repair, and spare parts storage [5].

The number of welding complexes (units) needed for stream-disjoint welding depends on the wall thickness of the gas pipeline and the required welding and installation productivity.

Geometrical parameters of pipe edge preparation and joint assembly for automatic one-sided welding are regulated by the peculiarities of automatic welding technology by welding complexes. Edge preparation of pipe ends must be performed mechanically by SPK type edge preparation machines in advance, before the beginning of assembly-welding works [5].

1.2.1 Automatic one-sided welding with solid wire in shielding gases using the Saturnax welding system

Welding complex (unit) "Saturnax" (by "Serimax") is designed for automatic one-sided welding with solid wire in shielding gas (LPG) of nonrotating circular butt joints of gas pipelines with a diameter from 159 to 1420 mm [5].

The "Saturnax" welding complex is designed for various welding operations, including single-sided double-arc welding and single-sided single-arc welding. Welding can be performed using several welding complexes in an in-line separated scheme or by one welding complex with two welding heads.

The Saturnax welding system comprises of:

- Two welding heads, each equipped with a remote control unit and a combined wire feeder unit for two-arc welding of all seam layers (root layer and "hot pass," two-vail filler layers, two-vail cladding layer);
- One automatic welding parameters control unit for each welding head, combined with control and recording of welding parameters;
- Automatic control unit for two welding heads;
- Guide belt for two welding heads (one spare is recommended);
- Power supply unit with a diesel generator based on wheeled or tracked vehicles with four separate welding current sources of inverter or thyristor type per welding complex (one reserve is recommended), with the boom of installation and movement of protective inventory shelters (tents), with a frame of protective gas cylinders, gas mixers with equipment to control the gas mixture [5].

In the in-line separated scheme, the welding operations are distributed among multiple welding complexes, with one welding complex responsible for welding the root layer and the "hot pass" of the weld, while one or more welding complexes are responsible for welding the two-vail filler layers. For the two-vail cladding layer, one welding complex is used. Additionally, the Saturnax welding system can perform single-sided double-arc welding with two welding heads "downhill" outside the pipe of the root layer and "hot pass" on a copper backing ring, installed between

the rows of lugs of the inner center. It can also perform single-sided double-arc welding with two welding heads "on the descent" outside the pipe of the two-valve filler layers and the facing layer of the weld. Single-sided single-arc welding can be used for all weld layers, as well as corrective layers or individual weld layers in cases of failure of one of the two welding torches in two-arc welding [5].

Figure 6 shows the inner center with a pad copper ring between the ligatures for automatic welding with Saturnax.



Figure 6 - Internal centering device of the Saturnax complex

Figure 7 shows a welding head for automatic welding with the Saturnax system.

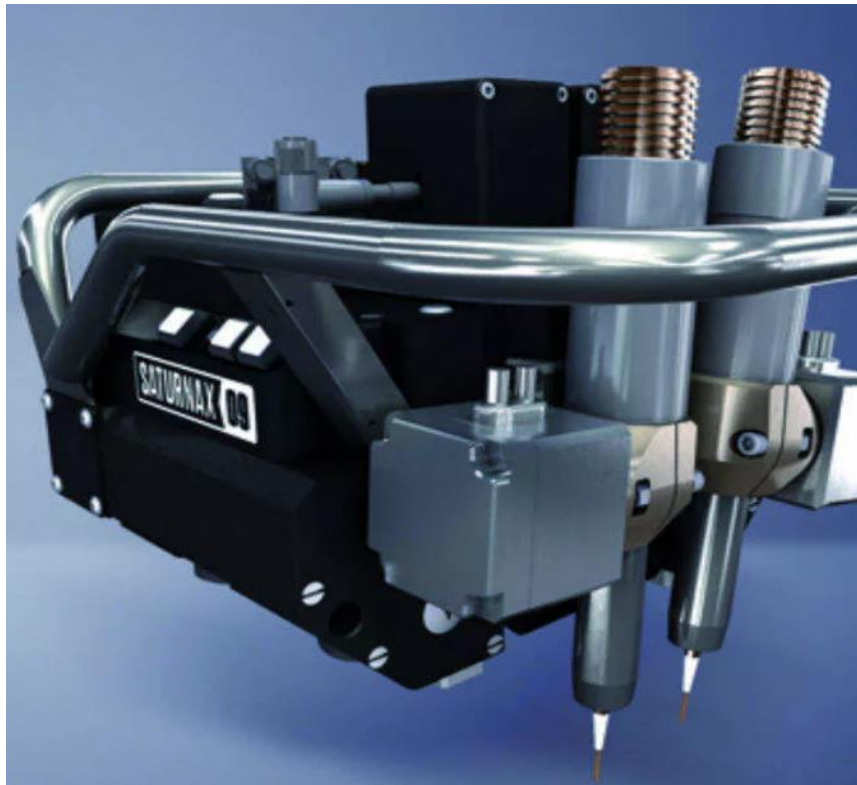


Figure 7 - Welding head of the Saturnax system

Welding of all weld layers (root layer, "hot pass", filling and facing layers) is performed in a mixture of protective gases with a constant percentage (limits) of each gas (50% CO₂ + 50% Ar) [6].

The geometric parameters of edge cutting and pipe joint assembly for Saturnax welding must meet the requirements of Figure 8.

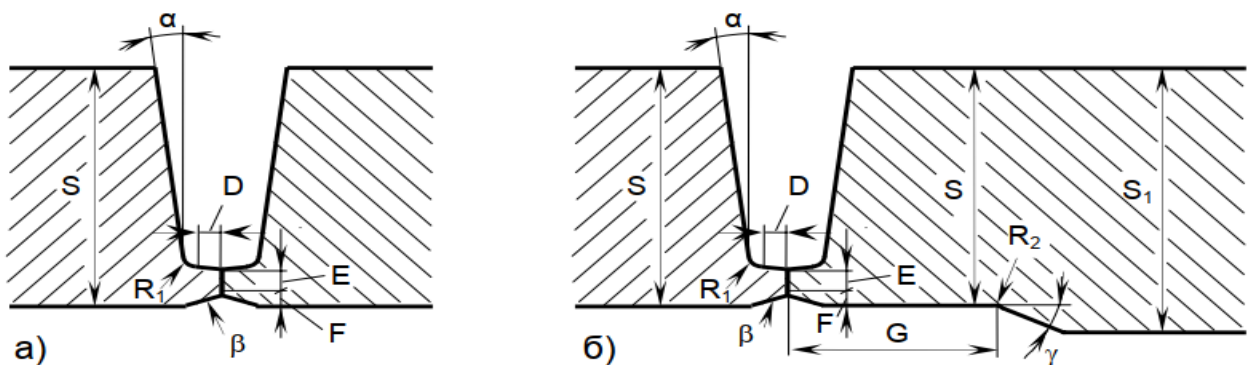


Figure 8 - Geometric parameters of edge cutting and pipe joint assembly for Saturnax welding: *a* - connection of pipes with the same wall thickness; *b* - connection of pipes with different wall thickness

The values of geometric parameters of edge preparation for automatic single-sided welding with solid wire in shielding gases by the Saturnax system are shown in Table 2.

Table 2 - Values of geometric parameters of edge cutting for automatic single-sided welding with solid wire in shielding gases by Saturnax complex

Parameter designation	Parameter value
$\alpha, ^\circ$	$5,0 \pm 2,0$
$R_1, \text{ mm}$	$2,4 \pm 0,8$
$D, \text{ mm}$	$0,1 \pm 0,1$
$E, \text{ mm}$	$2,1 \pm 0,2$
$F, \text{ mm}$	$2,3 \pm 0,2$
$\beta, ^\circ$	$4,0 \pm 1,0$
$\gamma, ^\circ$	$25 \pm 5,0$
$G, \text{ mm}$	80 ± 10
$R_2, \text{ mm}$	3,0 min

The geometric parameters of the weld made by the Saturnax welding system are shown in Figure 9.

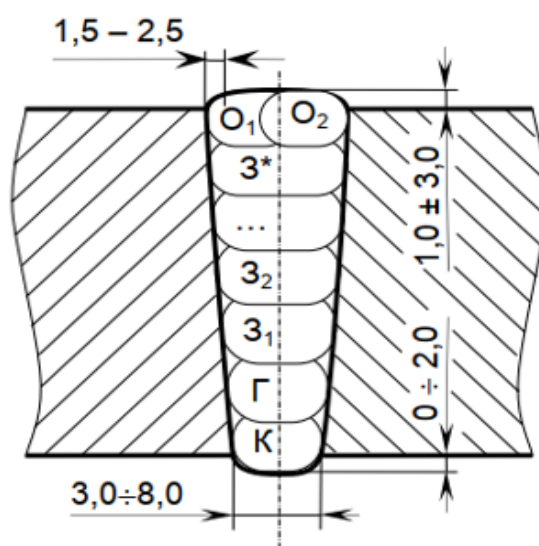


Figure 9 - Geometric parameters of the weld made by the Saturnax welding system

The recommended scheme of Saturnax welding of nonrotating circular butt joints of pipes is shown in Figure 10.

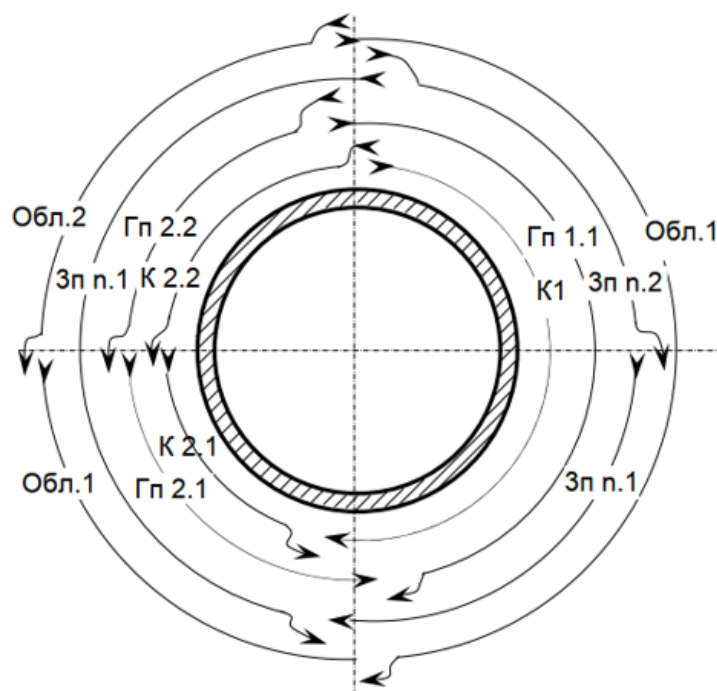


Figure 10 - Recommended scheme of automatic one-sided Saturnax welding of nonrotating circular butt joints of pipes

1.2.2 Automatic one-sided welding with solid wire in shielding gases using the CWS.02 welding system

Welding complex (installation) CWS.02 (firm "PWT") is intended for automatic one-sided welding by a wire of continuous section in shielding gases (CWS) of not rotated circular butt joints of pipes of gas pipelines with a diameter from 426 to 1420 mm [5].

The welding complex CWS.02 is capable of:

- conducting single-sided single-arc welding using two welding heads "downhill" outside the root layer of the pipe on a copper backing ring installed between the rows of inner centerline lugs;
- conducting single-sided single-arc welding using two welding heads "on the descent" outside the pipe of the filling layers of the weld;
- conducting single-sided single-arc welding using two welding heads "downward" on the outside of the pipe of the facing layer of the weld.

Welding is performed using multiple welding complexes as part of a welding column according to the flow-differentiated scheme (one welding complex for the root layer of the weld, one or more welding complexes for the filling layers, and one welding complex for the facing layer), or by a single welding complex with two welding heads capable of welding all layers of the weld.

The CWS.02 welding system is equipped with:

- two welding heads with welding wire feeders (one spare is recommended) and remote control units for single-arc welding of all seam layers (root layer, filler layers, and facing layer);
- guide belt for two welding heads (one spare is recommended);
- power supply unit with a diesel generator based on wheeled or tracked equipment with two separate special sources of welding current per welding complex (one standby recommended), with two units of automatic control of welding parameters per welding complex, combined with the control units of welding parameters, with the boom of installation and movement of protective inventory shelters (tents), with a frame of cylinders of protective gas, gas mixers with flow control equipment, and gas mixture composition [5].

After assembling the butt joint, it is recommended to tap it all around with a sledgehammer with a non-ferrous impactor to achieve a tighter fit of the copper padding ring sectors to the inner surface of the pipe [7].

The geometric parameters of edge cutting and pipe joint assembly for CWS.02 welding must meet the requirements of Figure 11 and Table 3.

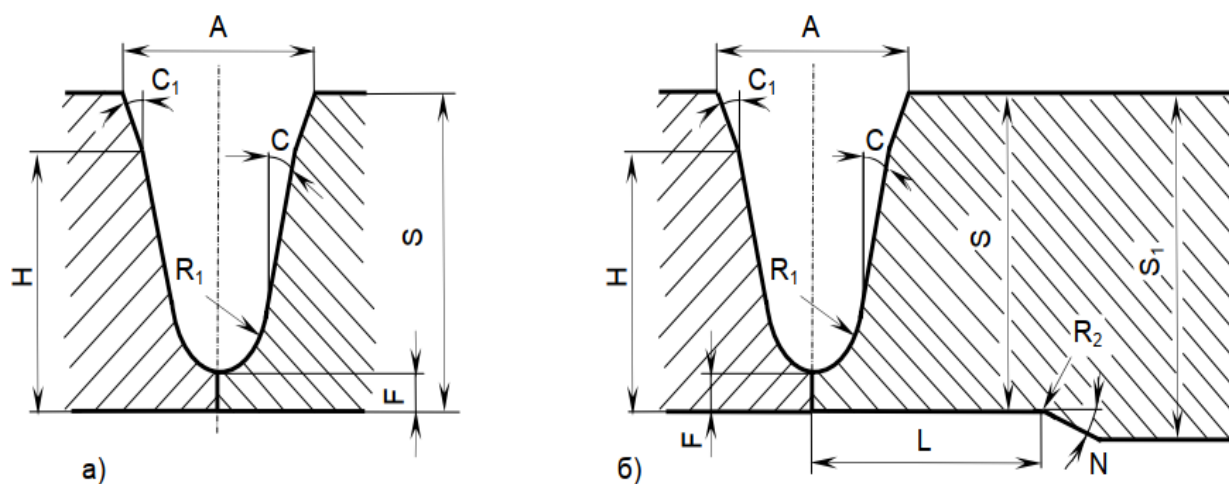


Figure 11 - Geometric parameters of edge cutting and assembly of pipe joints for CWS.02 welding: *a* - connection of pipes of the same wall thickness;
b - connection of pipes with different wall thickness

Table 3 - Values for geometric parameters of edge preparation for automatic single-sided welding with solid wire in shielding gases with CWS.02

Parameter designation	Parameter value
$C, ^\circ$	10_{-2}
$C_1, ^\circ$	12_{-2}
$F, \text{ mm}$	$2,0 \pm 0,2$
$R_1, \text{ mm}$	$3,2$
$H, \text{ mm}$	$14,5$
$L, \text{ mm}$	50 ± 10
$N, ^\circ$	25 ± 5
$R_2, \text{ mm}$	$3,0 \text{ min}$

The recommended CWS.02 welding diagram for non-swiveling circumferential butt joints is shown in Figure 12.

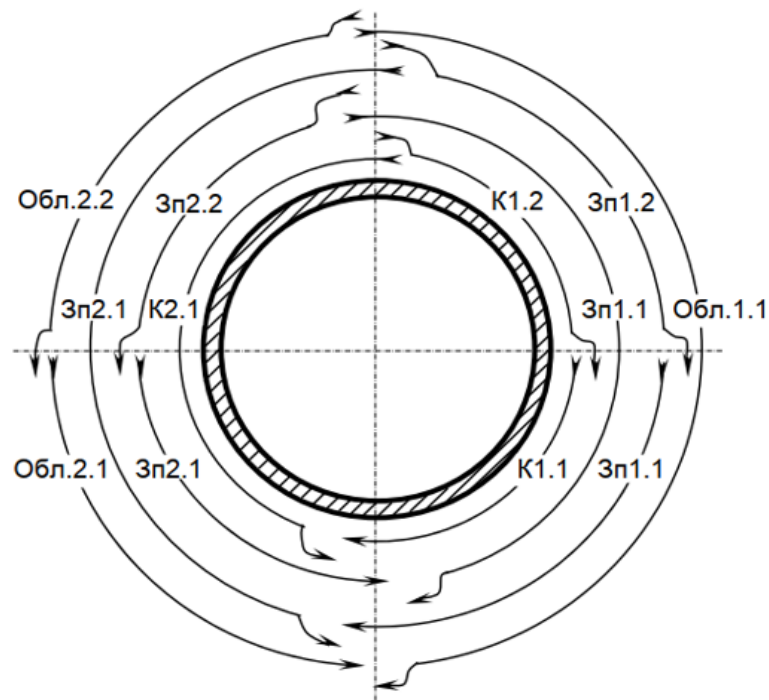


Figure 12 - Recommended Welding diagram for CWS.02 nonrotating ring butt joints of pipes

The geometric parameters of the weld made with the CWS.02 welding system are shown in Figure 13.

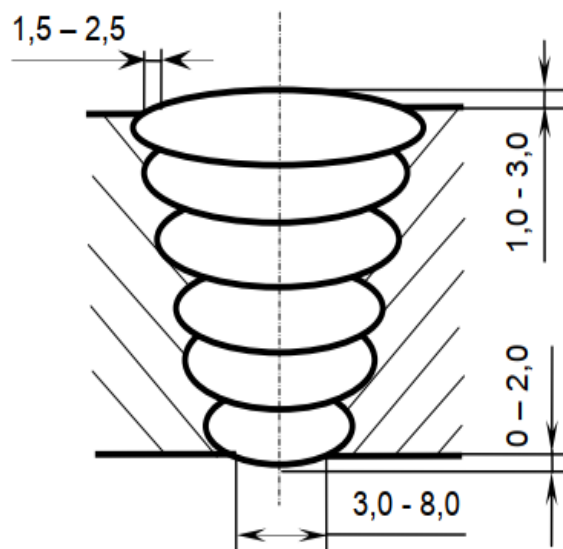


Figure 13 - Geometric parameters of the weld made with the CWS.02 welding system