

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Анализ технологий сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера»

УДК 621.643.053:621.791.754:551.581.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохин Е.Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веревкин А.В.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Шарф И.В.	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Крепша Н.В.	к.г.-м. н., доцент		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Швагрукова Е.В.	к.ф.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

Планируемые результаты обучения магистрантов

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
Р2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы-в области интеллектуальной собственности</i>	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
Р3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
Р4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22;
Р5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20;

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
Р6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.</i>	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
Р7	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве члена и <i>руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-8; ПК-23

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

_____ Рудаченко А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4Б	Самохину Евгению Геннадьевичу

Тема работы:

«Анализ технологий сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.04.2016 г., № 2950/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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 особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях крайнего севера.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения основных технологий автоматической и ручной дуговой сварки магистральных трубопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера; 2. Постановка задачи для исследования. Выбор рекомендуемых параметров сварки для автоматической и ручной дуговой сварки; 3. Анализ микроструктуры и свойств получаемых сварных соединений; 4. Расчет режима автоматической сварки 5. Формирование выводов о проделанной работе.
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф Ирина Валерьевна, к.э.н., доцент кафедры экономики природных ресурсов
«Социальная ответственность»	Крепша Нина Владимировна, к.г.-м.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
The main methods of arc welding	Швагрукова Екатерина Васильевна, к.ф.н., доцент кафедры иностранных языков

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

Общие сведения о электродуговой сварки магистральных трубопроводов

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веровкин А.В.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохин Евгений Геннадьевич		

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Уровень образования магистр

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2016	<i>Общие сведения о сварке, как процессе получения неразъемных соединений деталей</i>	
23.03.2016	<i>Технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера</i>	
24.04.2016	<i>Расчет режима автоматической сварки</i>	
07.05.2016	<i>Финансовый менеджмент</i>	
10.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	
14.05.2016	<i>Заключение</i>	
15.05.2016	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Веровкин А.В.	к.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 122 с., 12 рис., 42 табл., 34 источников.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, автоматическая сварка, электроды, магистральный газопровод, расчет, свариваемость, режим сварки.

Объектом исследования является (ются) технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера.

Цель работы – провести анализ существующих технологий сварки магистральных газопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера. Оценить структуру и свойства сварных соединений неповоротных стыков магистральных газопроводов. Провести сравнительно-экономический расчет использования автоматической сварки в среде защитных газов с ручной дуговой сваркой, при ремонте участка магистрального газопровода.

В процессе исследования был проведен анализ существующих технологий сварки магистрального газопровода, применяемых в условиях Крайнего Севера. Произведен расчет режима автоматической сварки.

В результате исследования были представлены рекомендации режимов ручной дуговой и автоматической сварки, применяемой в условиях Крайнего Севера, оценена структура и свойства получаемых сварных соединений, выявлены преимущества и недостатки данных методов сварки, а так же предложено возможное решение устранения недостатков.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: технология и организация выполнения работ, подготовительные работы, проведение сварочных работ.

Экономическая эффективность/значимость работы стоимость проведения ремонта магистрального газопровода диаметром 1220 мм с применением автоматической сварки плавящимся электродом в среде защитного газа значительно ниже, чем при традиционной технологии ручной дуговой.

ESSAY

Final qualifying work 122 p., 12 fig., 42 tab., 34 sources.

Key words: manual arc welding, automatic welding, electrodes, gas pipeline, calculation, weldability, welding mode.

The object of this study is (are) welding technology of pipelines used in the Far North.

The purpose of work - to analyze the existing technology of welding of main gas pipelines operated in the Far North. Evaluate the structure and properties of welded joints butt position of main gas pipelines. To conduct comparative economic calculations use of automatic welding in shielding gas with manual arc welding, the repair of main gas pipeline section.

The study was an analysis of the existing technologies of welding gas pipeline used in the Far North. The calculation of the automatic welding mode.

The study provided recommendations modes manual arc welding and automatic used in the Far North, evaluated the structure and svoysystva obtained welded joints, identified the advantages and disadvantages of data fusion techniques, as well as suggest possible solutions to eliminate the shortcomings.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: technology and organization of work, the preparatory work, carrying out welding work.

Cost-effectiveness / cost value of the work of repair of main gas pipeline of 1220 mm diameter with automatic welding consumable electrode in inert gas is much lower than traditional manual arc technology.

Определения

В данной работе приведены следующие термины с соответствующими определениями:

Магистральный газопровод – трубопровод, предназначенный для транспортирования природного газа из районов добычи к пунктам потребления. Основное средство передачи газа на значительные расстояния. Магистральный газопровод – один из основных элементов газотранспортной системы и главное составное звено Единой системы газоснабжения России.

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании или совместным действием того и другого.

Автоматическая электродуговая сварка магистрального газопровода это специальная дуговая электросварка, при которой главные процессы, перемещение дуги по линии сварки и подача электрода, механизированы.

Крайний Север – часть территории России, расположенная главным образом к северу от Северного Полярного Круга. Климат в некоторых районах чрезвычайно суровый. Территория Крайнего Севера – это арктическая зона, тундра, лесотундра, и районы северной тайги.

Неразрушающий контроль (НК) – контроль надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа.

Содержание	
Введение	12
Глава 1. Общая часть	14
1.1. Общие сведения о сварке.....	14
1.2. Классификация сварки.....	15
1.3 Разновидности процесса дуговой сварки	15
1.4. Дуговая сварка покрытыми электродами.....	17
1.5. Дуговая сварка под флюсом	19
1.6. Дуговая сварка в защитных газах	20
1.7. Основные сведения о сварочной дуге	20
1.8. Участки статической вольт-амперной характеристики дуги	24
Глава 2. Технологии сварки магистральных газопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера.....	26
2.1. Влияние климатических условий на процесс сварки	27
2.2. Входной контроль труб	28
2.3. Требования к контролю качества сварных соединений.....	32
2.3.1. Требования к лабораториям	32
2.3.2. Требования к персоналу, проводящему контроль	32
2.3.3. Требованиям к средствам и материалам	33
2.3.4. Методы и объемы неразрушающего контроля качества сварных соединений	34
2.3.5. Нормы оценки качества сварных соединений.....	39
2.4. Предварительный подогрев кромок труб.....	44
2.5. Газопроводы из трубной стали категории прочности X80 X100.....	48
2.6. Рекомендации по сварке кольцевых стыков газопроводов, изготовленных из высокопрочных трубных сталей.....	49
2.7. Технологические параметры режимов ручной дуговой сварки.....	51
2.8. Технологические параметры режимов автоматической сварки в защитных газах.....	54
2.9. Структура и свойства сварных соединений	60
Глава 3. Расчетная часть	65
3.1. Оценка свариваемости стали	65

3.2. Расчет режима сварки в среде защитных газов.....	66
3.2.1. Расчет параметров сварки для первого прохода.....	67
3.2.2. Расчет параметров сварки для второго прохода.....	71
3.2.3. Расчет параметров сварки для третьего и четвертого проходов....	72
3.3. Параметры режимов автоматической сварки.....	72
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	75
4.1. Сравнительно-экономический анализ.....	75
4.2. Определение норм времени.....	80
4.2.2. Нормирование процесса СПЭЗГ.....	85
4.3. Расчет затрат на амортизационные отчисления при РДС.....	89
4.4. Расчет затрат на амортизационные отчисления при СПЭЗГ.....	91
4.5. Расчет затрат на оплату труда.....	93
4.6. Расчет затрат на страховые взносы.....	96
4.7. Заключительный анализ методов ремонта магистрального газопровода.....	97
Глава 5. Социальная ответственность при проведении сварочно-монтажных работ на магистральном газопроводе.....	100
5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	101
5.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	105
5.3. Экологическая безопасность.....	108
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	111
5.5 Законодательное регулирование проектных решений.....	114
Заключение.....	117
Список публикаций.....	119
Список использованных источников.....	120
Приложение А.....	123

Введение

Россия входит в число самых крупных газодобывающих стран мира. По результатам оценки экспертов в ближайшие 20-30 лет природный газ и нефть останутся основными источниками энергии для человечества [1]. В дальнейшем, природный газ будет занимать лидирующее положение в топливно-энергетическом балансе страны. Одновременно Россия будет оставаться одним из крупнейших экспортеров газа, занимая около 25% мирового рынка.

Наиболее важную роль в реализации энергетической политики страны, играет развитие нефтегазового комплекса Северных регионов России.

В настоящее время началось строительство газопровода «Сила Сибири».

В связи с этим, газоконденсатные месторождения Севера останутся основным, устойчивым направлением развития газовой промышленности России.

Газотранспортная система играет значительную роль в выполнении этой задачи, поэтому предъявляются высокие требования к ее техническим и эксплуатационным характеристикам. В настоящее время, основная часть действующих магистральных газопроводов эксплуатируется при рабочем давлении до 7,4 МПа. Для того чтобы повысить эффективность транспортировки природного газа, возникает необходимость создания магистральных газопроводов, работающих под давлением 9,8 – 11,8 МПа. Использование газопроводов из традиционной стали категории прочности X65-X70 возможно, лишь при значительном увеличении толщины стенки. Поэтому для районов Крайнего Севера, актуальнее использовать новые высокоэффективные газопроводы большого диаметра из стали категории прочности X80-X100. В результате чего существенно уменьшится

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Технологии сварки, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Разраб.		Самохин Е.Г.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Вережкин А.В.					12	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

металлоемкость, а также стоимость сооружения и эксплуатации магистральных газопроводов.

Положительные тенденции применимости трубных сталей категории прочности X80-X100 напрямую зависят от рациональных методов сварки. Процесс сварки магистральных трубопроводов в условиях Крайнего Севера более сложен и имеет свои особенности, в сравнении с процессом сварки при положительной температуре окружающей среды. При сварке в зимнее время, наблюдается увеличение скорости остывания металла сварочной ванны и околошовной зоны. В свою очередь, высокие скорости охлаждения сопутствуют появлению дефектов. Более 50 % отказов газопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера, приходится именно на дефекты в сварных кольцевых швах, в то время как в других регионах России, около 50 % отказов приходится на коррозионное растрескивание.

В связи с вышесказанным, возникает необходимость совершенствовать существующие технологии и рекомендации по сварке магистральных газопроводов, сооружаемых в условиях Крайнего Севера, а в перспективе создания новых высокотехнологичных методов, обеспечивающих высокие механические свойства сварных соединений.

					Введение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Глава 1. Общая часть

1.1. Общие сведения о сварке

В соответствии с ГОСТ 2601-74 [12] сварка определяется как процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве или пластическом деформировании или совместным действием того и другого. Сварными соединения называются соединения, которые выполнены с помощью сварки.

Для того чтобы получить сварное соединение, применение каких-либо специальных соединительных элементов (болтов, заклепок и т.п.) не требуется. Неразъемное соединение образуется за счет сближения элементарных частиц свариваемых частей настолько, чтобы между ними начали действовать межатомные связи, которые обеспечивают прочность соединения.

Чтобы создать межатомные связи, необходимо извне ввести дополнительную энергию. Энергия активации сопутствует преодолению энергетического барьера между атомами. В процессе сварки данную энергию можно ввести с помощью нагрева свариваемых элементов (термический метод) или с помощью пластического деформирования (механический метод).

Для сварки характерны две стадии создания межмолекулярного взаимодействия атомов, соединяемых частей элементов. На первой стадии происходит сближение веществ на расстояния, необходимые для межатомного взаимодействия (физический контакт). На второй стадии заканчивается процесс образования прочного соединения (химический контакт).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Технологии сварки, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Разраб.		Самохин Е.Г.			Общая часть	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веревкин А.В.					14	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

В итоге, можно выделить два необходимых условия для образования неразъемных сварных соединений – сближение свариваемых частей и введение энергии активации в зону сварки.

Можно выделить два основных вида сварки по характеру активации: сварка давлением и плавлением.

1.2. Классификация сварки

Использование определенного вида вводимой энергии является основным физическим признаком классификации процесса сварки.

По физическим признакам все виды сварки можно разделить на следующие классы: термический, термомеханический и механический.

Все виды сварки плавлением, в которой используется тепловая энергия относятся к термическому классу. В данную группу входит дуговая, газовая, электрошлаковая и др. виды сварки.

Одновременное использование тепловой энергии и давления классифицируют термомеханическую сварку. К данному виду сварки относятся – контактная, диффузионная, дугопресовая и др.

Все виды сварки давлением, в которой используется механическая энергия относятся к механическому классу. В данную группу входит сварка трением, холодная сварка, сварка взрывом и др.

К техническим признакам сварочных процессов относят способы защиты металла в зоне сварки, непрерывность процесса и степень механизации.

1.3 Разновидности процесса дуговой сварки

Процессы сварки плавлением в настоящее время являются самыми распространенными, электродуговая сварка занимает одно из ведущих мест.

При дуговых способах сварки источником нагрева является сварочная дуга, представляющая собой устойчивый электрический разряд, возникающий в газовом пространстве между электродом и деталью или двумя электродами [18].

					Общая часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Чтобы поддерживать такой разряд, необходимо использовать специальные источники питания дуги (ИПД). Для питания дуги переменным током применяют сварочные трансформаторы, при постоянном токе – сварочные генераторы или сварочные выпрямители.

Открытие способа дуговой сварки было обусловлено открытием явления электрической дуги, сделанным в 1802 г. русским физиком В.В. Петровым. Впервые соединение металлических деталей с помощью электрической дуги, горящей между неплавящимся угольным электродом и свариваем изделием, было осуществлено Н.Н. Бенардосом в 1882 г. [18]. При необходимости в сварочную ванну дополнительно поддавался присадочный материал. В 1888 г. русский инженер Н.Г. Славянов усовершенствовал процесс, заменив неплавящийся угольный электрод, на плавящийся металлический. Тем самым было достигнуто объединение функции электрода для существования дугового разряда и присадочного металла для образования ванны. Предложенные Н.Н. Бенардосом и Н.Г. Славяновым способы дуговой сварки неплавящимся и плавящимся электродами легли в основу разработки наиболее распространенных современных способов дуговой сварки [29]

Дальнейшее совершенствование дуговой сварки шло по двум направлениям:

- 1) изыскание средств защиты и обработки расплавленного металла сварочной ванны;
- 2) автоматизация процесса.

По способу защиты свариваемого металла и сварочной ванны от взаимодействий с кислородом и азотом воздуха, выделяют дуговую сварку с шлаковой, газошлаковой и газовой защитой. По степени автоматизации процесса выделяют – ручную, механизированную и автоматическую сварку. Ниже приведены характеристики и описание основных разновидностей дуговой сварки.

					Общая часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

1.4. Дуговая сварка покрытыми электродами

Дуговая сварка покрытыми электродами (рис. 1.1) выполняется сварщиком вручную. Используемые сварочные электроды делятся на два типа: плавящиеся (стальные, медные, алюминиевые и др.) и неплавящиеся (угольные, графитовые, вольфрамовые).

Плавящиеся стальные электроды получили наиболее широкое применение, имеющие на своей поверхности специальное покрытие [23]. Электродное покрытие используется для того, чтобы повысить устойчивость процесса горения сварочной дуги, а также провести металлургическую обработку сварочной ванны, тем самым улучшается качество сварочного процесса. Образование сварного шва происходит за счет плавления электрода и расплавления кромок основного металла свариваемого изделия.

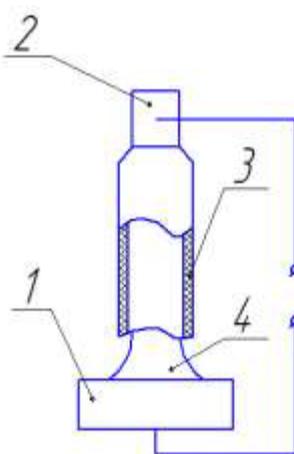


Рисунок 1.1. Ручная дуговая сварка покрытыми электродами:

1 – деталь; 2 – стержень электрода; 3 – покрытие; 4 – дуга

Во время технологического процесса сварщик одновременно выполняет несколько основных движения: подачу электрода в зону сварки по мере его расплавления и перемещение дуги вдоль свариваемого шва.

За счет своей простоты и универсальности ручная дуговая сварка покрытыми электродами стала очень популярна в различных сферах производства. С ее помощью возможно выполнить соединения в различных пространственных положениях, а также в труднодоступных местах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Не смотря на свои достоинства, у данного вида сварки есть и свои минусы. К минусам РДС можно отнести малую производительность, а также тот факт, что качество получаемого соединения напрямую зависит от квалификации сварщика.

На рисунке 1.2 представлена электродуговая сварка неплавищимся электродом. Использование стержней из вольфрамового покрытия в качестве неплавящихся электродов получили наибольшую популярность, чем графитовые электроды.

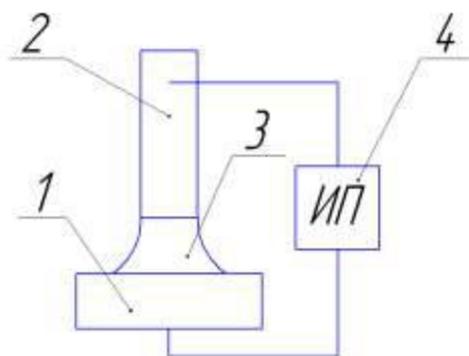


Рисунок 1.2. Электрическая сварочная цепь дуговой сварки:

- 1 – свариваемая деталь; 2 – сварочный электрод; 3 – сварочная дуга;
4 – источник питания дуги

Применяемые вольфрамовые электроды должны отвечать требованиям ГОСТ 23949-80. Они могут содержать активирующие добавки оксида лантана (ЭВЛ), иттрия (ЭВИ), диоксида тория (ЭВТ). Эти добавки облегчают зажигание и поддерживают горение дуги, повышают эрозионную стойкость электрода. Наибольшее распространение получили электроды ЭВЛ и ЭВИ диаметром 0,5...10 мм, выдерживающие большую токовую нагрузку.

Использование газов, содержащих кислород для защиты дуги запрещается. Так как это приводит к окислению и быстрому разрушению вольфрамовых электродов. В качестве защитного газа в основном используют аргон или аргоногелиевую смесь. Также допускается использование некоторых активных газов, таких как азот и водород или их смеси с аргоном.

1.5. Дуговая сварка под флюсом

Отличительной особенностью данной технологии сварки является то, что в качестве защитной среды дуги от окружающей среды, используется слой флюса. Электрод представляет с собой проволоку, которая свернута в специальную кассету. Из кассеты электродная проволока подается автоматически, а перемещение сварочной дуги осуществляется двумя способами, либо вручную, либо автоматически. При ручном методе, сварщик пользуется полуавтоматом, при автоматическом сварщик выступает в роли оператора, который лишь задает параметры, а машина участвует в процессе сварки. К преимуществам данного вида сварки нужно отнести высокую производительность и качество сварных швов. Но есть и свои недостатки, это невозможность использования данного вида сварки в труднодоступных местах и в нижних положениях, а так же возникает трудность при сварке деталей малых толщин и коротких швов.

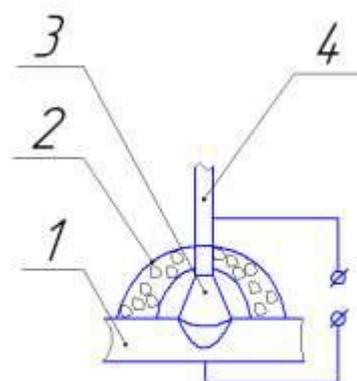


Рисунок 1.3. Сварка под слоем флюса:

1 – деталь; 2 – слой флюса; 3 – дуга; 4 – электрод

					Общая часть	Лист.
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.6. Дуговая сварка в защитных газах

На рисунке 1.4 представлена технология сварки в защитных газах. Защита электрической дуги от внешнего воздействия окружающей среды происходит за счет специального газа, подаваемого в зону плавления при помощи горелки. При этом можно использовать как неплавящийся, так и плавящийся электроды, а процесс можно выполнять ручным, механизированным или автоматическими способами. При использовании неплавящегося электрода необходимо применять присадочную проволоку, а при плавящемся электроде присадки не требуется. Данная разновидность сварки применяется для широкого круга металлов и сплавов.

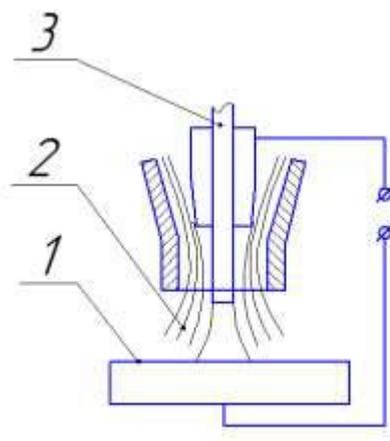


Рисунок 1.4. Сварка в защитном газе:

1 – деталь; 2 – защитный газ; 3 – электрод

1.7. Основные сведения о сварочной дуге

Сварочная электрическая дуга – это длительный и устойчивый электрический разряд при прохождении между двумя электродами в сильно ионизированной смеси газов и паров металла с выделением теплоты, лучистой энергии и звука. Дуговой разряд возникает в газе при достаточной силе тока в цепи. Идеальным источником теплоты для сварки является тот, который расплавляет свариваемые кромки на минимальном расстоянии [23].

Для сварки металлов обычно используется электрическая дуга прямого действия, когда одним электродом является металлический и угольный стержень, а вторым – свариваемое изделие. Электропитание

					Общая часть	Лист.
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

может быть от источников постоянного и переменного тока промышленной частоты (50Гц). Свойства дуги зависят от рода тока, полярности, дугового промежутка, состава расплавленного металла, режима сварки.

В сварочной технике различают дугу свободную и сжатую.

Свободная – когда дуга горит между электродами и изделием на воздухе, сжатая – когда поперечное сечение дуги принудительно уменьшено.

Свободная дуга состоит из трех зон: 1 – катодной, с катодным пятном; 2 – анодной, с анодным пятном, бомбардирующимся электронным (т. е. минусовым) потоком; 3 – столба дуги в промежутке между катодной и анодной зонами (рис. 1.6).

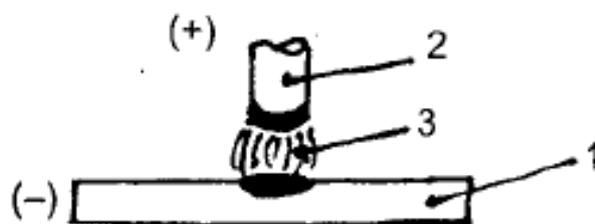


Рисунок 1.6. Строение дуги:

1 – катодное пятно; 2 – анодное пятно; 3 – столб дуги

Температура в столбе свободной дуги – 7000°C, на анодном, катодном пятне – до 1900°C. Этой разностью температур объясняется нерасплаваемость вольфрамового электродного стержня, у которого температура плавления более 3000°C.

Процесс образования электрически заряженных частиц (электронов и ионов) в межэлектродном пространстве, называется ионизацией, а газ, в котором появились заряженные частицы, делается электропроводным и называется ионизированным газом [23].

Основным фактором, вызывающим ионизацию, является высокая температура газа, поддерживаемая энергией электрического тока. Степень ионизации столба дуги очень высока.

Сильно ионизированный газ столба называют электронной плазмой и его (газа) электропроводность приближается к электропроводности металлов.

Чем больше зараженных частиц в газе, тем выше его ионизация. Дуговой разряд существует за счет эмиссии, т.е. выхода электронов. Заряд электрона постоянный.

Энергия, затраченная на отрыв электрона от атома, а значит, и на образование положительного иона, называется работой ионизации. Эта работа, выраженная в электронвольтах (эВ), называется потенциалом ионизации.

Величины потенциалов для различных материалов колеблются от 3,9 до 24,5 эВ. Наименьшими потенциалами ионизации обладают щелочноземельные материалы (кальций, калий, натрий) и их соединения.

Для повышения степени ионизации, а значит для стабилизации горения дуги, в дуговой промежуток (через обмазку электродов или флюсов) вводят элементы с малым потенциалом ионизации.

Чем ниже потенциал ионизации, тем легче оторвать электрон с электронной оболочки, т.е. получить свободный электрон, тем легче стабилизировать электрическую дугу.

Но от потенциала ионизации зависит температура столба дуги: чем выше потенциал, тем выше температура.

Длина дуги – это расстояние от конца электрода до поверхности сварочной ванны и обычно равно 2-6 мм. Дуга длиной более 6 мм считается длинной.

Между температурой столба дуги и потенциалом ионизации найдена зависимость в форме числа 810 [2], т.е.

$$T_c = 810 \times V_{\text{эВ}} \quad (1.1)$$

					Общая часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

где, T_c – температура столба дуги в °Кельвина; $V_{ЭВ}$ – потенциал ионизации данного вещества.

Из нескольких видов эмиссии электронов следует отметить две, особенно заметные при сварке: термоэлектронную и автоэлектронную.

Термоэлектронная, или электронная, эмиссия нагретого катода происходит от нагрева металла до высокой температуры, при этом ослабляется связь электрона с ядром атома и под влиянием электростатического поля электрон отрывается с поверхности катода и устремляется к аноду. Термоэлектронная эмиссия достигает очень высоких значений у тугоплавких материалов (угольный, графитовый, вольфрамовый электроды).

У стальных и медных катодов электронная эмиссия нагретого катода, или термоэлектронная эмиссия, незначительна.

Автоэлектронная эмиссия, или эмиссия холодного катода, создается появлением электрополя очень высокой напряженности в тонком слое у поверхности катода. Для стальных и медных катодов имеет решающее значение эта эмиссия. Она происходит независимо от температуры электрополя, за счет его энергии.

Другие факторы, вызывающие электронную эмиссию на катоде, в условиях сварочной дуги имеют второстепенное значение.

Электрическая дуга – это неоднородный проводник, включенный последовательно в сварочную цепь. Общее падение напряжения (рис. 1.7), равное сумме падений напряжения в катодной, анодной областях и в столбе дуги:

$$U_d = U_k + U_a + U_c \quad (1.2)$$

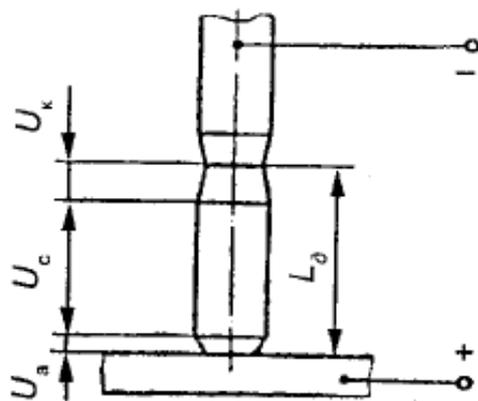


Рисунок 1.7. Падение напряжения на дуге:

U_k – в катодной области; U_a – в анодной области, U_c – в столбе дуги;

L_d – длина дуги

Катодное и анодное падения напряжения зависят от материала электрода и свариваемого изделия, свойств газовой среды и других показателей; для каждого данного процесса они постоянны. Падение напряжения в столбе дуги зависит от ее длины. При сварке стали металлическим электродом напряжение на дуге составляет 18 – 30 В, угольным электродом – 30 – 40 В. Для возбуждения дуги при сварке металлическим электродом необходимо напряжение 40-60 В. Это напряжение называется напряжением зажигания.

1.8. Участки статической вольт-амперной характеристики дуги

Ниже на рисунке 1.8 показаны участки вольт-амперной характеристики дуги.

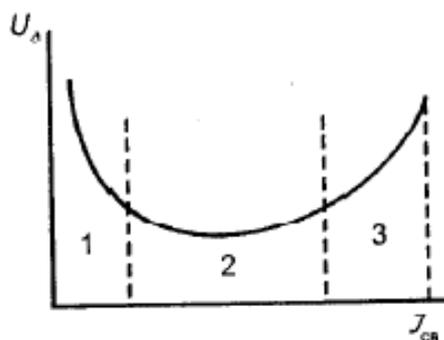


Рисунок 1.8. Статическая вольт-амперная характеристика дуги

Участок 1 – характеристика дуги падающая, напряжение падает, ток возрастает, катодное пятно и поперечное сечение дуги увеличивается.

Участок 2 – плотность тока в столбе постоянна, так как сечение столба дуги увеличивается пропорционально току, поэтому напряжение дуги постоянно. Характеристика дуги называется жесткой; обеспечивает устойчивый процесс сварки.

Участок 3 – когда сечение столба дуги уже не может увеличиваться, плотность тока возрастает с увеличением тока, а проводимость дуги остается постоянной, это вызывает напряжение дуги. Характеристика называется возрастающей.

Электрическая дуга переменного тока гаснет и вновь зажигается один раз в течение каждого периода. Во время этих перерывов

будет уменьшаться (прерываться) и степень ионизации дугового промежутка, что снизит устойчивость дуги. Для повторного зажигания дуги требуется несколько большее напряжение горения.

Для повышения устойчивости дуги переменного тока применяют повышенное напряжение зажигания (по сравнению с постоянным током), введение в покрытие электрода элементов с низким потенциалом ионизации и включение в сварочную цепь индуктивного сопротивления для сдвига нулевого значения тока относительно нулевого значения напряжения.

Глава 2. Технологии сварки магистральных газопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера

В последнее время, как в России, так и в других странах ведется интенсивная научно-исследовательская работа по поиску рациональных технологий сварки как основного метода изготовления неразъемных соединений для создания надежных и долговечных магистральных газопроводов северного исполнения. Для обеспечения нормального технологического процесса сварки в зимних условиях необходимо учитывать особенности формирования швов при минусовой температуре [28].

Наиболее характерные причины отказов газопроводов (более 50 %) эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера, приходится на образование дефектов в сварных кольцевых швах, в то время как в других регионах России около 50 % отказов газопроводов происходит от коррозионного растрескивания.

В связи с этим актуальным является вопрос оценки влияния отрицательных температур на параметры термических циклов сварки (ТЦС), структуру и свойства сварных соединений [26].

					Технологии сварки, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Изм..	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Самохин Е.Г.			Технологии сварки	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веровкин А.В.					26	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

2.1. Влияние климатических условий на процесс сварки

Для обеспечения нормального технологического процесса сварки в зимних условиях необходимо учитывать особенности формирования швов при минусовой температуре, которые могут отрицательно влиять на структуру, механические свойства и сплошность сварных соединений. При сварке в зимнее время наблюдается увеличение скорости остывания металла сварочной ванны и околошовной зоны. С понижением температуры с +20 до - 50 °С длительность пребывания сварочной ванны в жидком состоянии уменьшается в среднем на 10 %, что оказывает влияние на всплытие неметаллических включений из ванны. В многослойных швах содержание шлаковых включений в зимнее время может повышаться (в декабре - феврале) до 54 % от общего числа выявленных дефектов, что связано с более сложным удалением шлака со шва после выполнения каждого слоя, особенно при ручной сварке.

На сварочный процесс существенное влияние оказывает ветер. Горение электрической дуги невозможно поддержать при скорости ветра 13 м/с. При скорости ветра 10 м/с прекращаются сварочные работы, так как исследования качества сварных швов при скорости ветра 2,5-9 м/с дали следующие результаты. При химическом анализе металла шва было установлено, что повышение скорости ветра приводит к снижению содержания элементов, раскисляющих металл шва - марганца (от 0,48 до 0,27 %) и кремния (от 0,15 до 0,07 %), а также к повышению содержания азота (от 0,016 до 0,035 %). Это приводит к понижению относительного удлинения наружных волокон шва при изгибе от 45 до 23 %, и в металле шва увеличивается число пор. Следовательно, по мере возрастания скорости ветра качество сварного шва ухудшается, что объясняется снижением защитного действия газовой фазы дуги при сварке открытой дугой. Приведенные данные показывают на необходимость защиты свариваемой поверхности и рабочего места сварщика ограждением от сильного ветра, сквозняков, дождя и снега. При температуре наружного воздуха - 15 °С и ниже рекомендуется иметь вблизи рабочего

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

места сварщика устройство для обогрева рук, а при температуре ниже - 40 °С - теплое помещение.

На монтажной площадке сварочные материалы (электроды, флюс, проволока) должны храниться отдельно по маркам и партиям в теплом и сухом помещении. Флюс следует хранить в закрытой таре. Для работы электроды и флюсы необходимо предварительно просушить и прокалить по режимам, указанным в технических условиях и паспортах, и хранить отдельно от непросушенных и непрокаленных. Просушенные и прокаленные флюс и электроды доставляют на место сварки в количестве, необходимом для работы в одну смену. Для сварки стали класса С60/45 электроды требуется подавать непосредственно из сушильной печи с температурой не ниже 45 °С и использовать в течение 2 ч. У рабочего места сварочные материалы хранят в условиях, исключающих увлажнение.

2.2. Входной контроль труб

Перед началом сварочно-монтажных работ необходимо убедиться в том, что используемые трубы, соединительные детали, запорная и распределительная арматура имеют сертификаты качества и соответствуют проекту, техническим условиям на их поставку, а также требованиям действующих нормативно-технических документов. Трубы и детали должны пройти обязательный входной контроль [27].

При входном контроле проверяют:

1. Наличие сертификатов соответствия.

Сертификат содержит: номинальный размер трубы, номер и дату ТУ, по которому изготовлена труба; марку стали; номер партии; результаты механических испытаний с указанием номера плавки, к которым относятся результаты испытаний; результаты гидравлических испытаний и рентгеновской дефектоскопии; вид термообработки; химический анализ плавки.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

2. На внутренней поверхности каждой трубы, на расстоянии 500 мм от одного из ее концов несмываемой краской наносят маркировку: завод-изготовитель, номер контракта, номер плавки, номинальные размеры, номер трубы, дата изготовления, эквивалент углерода.

3. Длину трубы.

Длина трубы должна быть в пределах от 10,5 до 11,6м (и до 11,8м по согласованию). Предельные отклонения по длине для труб 1 класса точности (+15, -0) мм, для труб 2 класса (+100, -0) мм. Длину труб измеряют рулетками или мерными проволоками.

4. Диаметр и толщину стенки трубы (диаметр измеряют по ГОСТ 20.295 – 85).

Наружный диаметр трубы определяют путем измерения периметра трубы рулеткой, с последующим пересчетом по формуле

$$D_H = P/3,14159 - 2\Delta p - 0,2\text{мм}, \quad (2.1.)$$

где P — периметр трубы, мм; Δp – толщина полотна рулетки, мм; 0,2мм – припуск на прилегание полотна рулетки к телу трубы.

Предельные отклонения по наружному диаметру труб:

$D_H \leq 200$ мм — $\pm 1,5$ мм;

$D_H = 200 - 350$ мм — ± 2 мм;

$D_H = 350 - 530$ мм — $\pm 2,2$ мм;

$D_H = 530 - 630$ мм — ± 3 мм;

$D_H = 720 - 820$ мм — ± 4 мм;

$D_H = 820 - 1020$ мм — $\pm 0,7$ %;

$D_H > 1020$ мм — $\pm 0,6$ %.

Толщину стенки измеряют штангенциркулями с ценой деления 0,01 мм. Минусовой допуск должен быть не более 5% номинальной толщины. Отклонения толщины стенки трубы должны соответствовать требованиям.

5. Овальность концов труб.

Овальность определяют путем измерения диаметра торца трубы нутромером или индикаторной скобой в двух взаимно перпендикулярных

					Технологии сварки	Лист.
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

плоскостях. Овальность – отношение разности между наибольшим и наименьшим диаметром к номинальному диаметру должна быть не более 1 % Dн при толщине стенки $\delta < 20$ мм и 0,8% Dн при $\delta > 20$ мм.

6. Кривизну труб.

Кривизна труб не должна превышать 1,5 мм на 1 м длины: общая кривизна не должна превышать 0,15 % длины трубы.

7. Состояние кромок и косину реза.

Концы труб обрезают под прямым углом. Отклонение от перпендикулярности торцов (косина реза) не должно превышать 1,6 мм для труб номинальным наружным диаметром 1020 мм и более и 1,2 мм для труб номинальным наружным диаметром менее 1020 мм. Кромки труб должны иметь разделку под сварку. Концы труб должны иметь фаску, выполненную механическим способом. Для труб с номинальной толщиной стенки менее 15 мм используется фаска с углом скоса 30° и допускаемым отклонением минус 5° . Притупление должно быть в пределах 1–3 мм.

8. Наличие дефектов на поверхности труб.

Не допускается наличие трещин, рванин, плен, закатов, а также выходящих на поверхность или торцевые участки расслоений. В зоне шириной не менее 40 мм от торцов труб не допускаются расслоения, превышающие 6,5 мм. В основном металле труб допускаются расслоения, если их размер в любом направлении не превышает 80 мм, а площадь не превышает 5000 мм^2 . Расслоения площадью не менее 5000 мм^2 и длиной в любом направлении 30 — 80 мм должны располагаться друг от друга на расстоянии не менее 500 мм.

Трубы изготавливают из листов, прошедших 100% УЗ контроль.

Допускается зачистка поверхностных дефектов, кроме трещин, при условии, что толщина стенки после зачистки не выходит за пределы своего минимального значения. Поверхностные дефекты типа задира, царапины допускаются, если при последующей их шлифовке толщина стенки трубы не

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

выйдет за пределы допуска на толщину стенки. Допускаются вмятины глубиной не более 6 мм.

9. Сварной шов.

Должен быть плавный переход к основному металлу.

Высота усиления

0,5 — 2,5 мм для $\delta \leq 10$ мм.

0,5 — 3,0 мм для $\delta \geq 10$ мм

Высота усиления внутреннего шва должна быть 0,5 — 3,0 мм.

На концах труб на длине $L \geq 150$ мм усиление внутреннего шва должно удаляться до высоты 0 — 0,5 мм. Не допускаются трещины, непровары, подрезы глубиной более 0,4 мм, выходящие на поверхность поры.

10. Трубы могут подвергаться ремонту, если (ВСН 012 – 88 п. 4.6) [3] глубина царапин, задиров не более 5% от толщины стенки; вмятины на концах труб имеют глубину не более 3,5% от D_n ; глубина задиров фасок не более 5 мм.

11. Химический состав, углеродный эквивалент, механические свойства основного металла и сварочного шва контролируют дополнительно – одна труба из партии. Все остальные параметры контролируются на всех трубах – 100%.

12. Трубы разбраковывает (т. е. определяет бракованные трубы или нет) комиссия, состоящая из представителей строительно-монтажной организации, заказчика и транспортных ведомств (ж/д, морфлот, речфлот).

Перед сборкой труб необходимо очистить внутреннюю полость труб и трубных деталей от попавшего внутрь грунта, грязи, снега, а также очистить до металлического блеска кромки и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности труб и соединительных деталей на ширину не менее 10 мм.

Участки усиления наружных заводских швов, прилегающие к свариваемому торцу, рекомендуется удалять до высоты 0 – 0,5 мм на расстоянии от торца не менее 10 мм. [3]

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.3. Требования к контролю качества сварных соединений

2.3.1. Требования к лабораториям

Лаборатория, выполняющая НК физическими методами, визуальный и измерительный контроль качества сварных соединений газопроводов должна отвечать следующим требованиям:

- лаборатория должна быть аттестована в соответствии с ПБ 03-372-00;
- персонал лаборатории должен соответствовать требованиям раздела

2.3.2.

– средства НК, применяемые при контроле должны соответствовать требованиям раздела 2.3.3;

– лаборатория должна быть обеспечена нормативной документацией, необходимой для выполнения НК.

Лаборатория НК качества сварных соединений, выполняющая контроль радиационным методом, должна иметь Лицензию на право эксплуатации, транспортирования и хранения аппаратов, содержащих радиоактивные вещества или генерирующих рентгеновское излучение.

Лаборатория, выполняющая НК, должна иметь в своем составе полустационарные (блок-контейнеры или на базе колесной техники) или самоходные (на базе колесной или гусеничной техники) лаборатории.

Номенклатура средств НК организации должна обеспечивать плановый темп строительства объекта.

2.3.2. Требования к персоналу, проводящему контроль

Подразделения по НК качества должны располагать квалифицированным персоналом, обученным и аттестованным в соответствии с правилами ПБ 03-440-02, имеющим соответствующую профессиональную подготовку, обладающим теоретическими знаниями и практическим опытом, необходимым для выполнения работ.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Не разрушающий контроль качества сварных соединений должен проводиться в соответствии с операционной технологической картой неразрушающего контроля сварных соединений (ОТКНК), утвержденными руководителем лаборатории неразрушающего контроля организации, выполняющей контроль. ОТК должны быть согласованы ДЭО в зоне которого выполняются работы. Согласование со стороны ДЭО выполняет специалист, назначенный распоряжением руководства. При применении организацией средств АУЗК, МУЗК и РУЗК на ФР ОТК должны дополнительно быть согласованы ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Операционные технологические карты по неразрушающему контролю разрабатываются специалистами II или III уровней квалификации.

В организации должен быть разработан график подготовки и аттестации (переаттестации) персонала, определен порядок контроля сроков действия квалификационных удостоверений.

2.3.3. Требованиям к средствам и материалам

Применяемые средства НК должны быть внесены в «Реестр 11.3.1.1 средств неразрушающего контроля качества сварных соединений ПАО «Газпром».

Применяемые при НК средства (в качестве средств измерения) должны иметь свидетельство об утверждении типа средств измерений и свидетельство о метрологической поверке (калибровке) установленной формы.

Ремонт средств НК должен осуществляться специализированной организацией - производителем оборудования, уполномоченной производителем сервисной организацией или специалистом организации эксплуатирующей средства НК, прошедшим специальное обучение, подтвержденное сертификатом производителя/поставщика оборудования. После ремонта средства НК должны пройти внеочередную поверку (калибровку) в установленном порядке.

					Технологии сварки	Лист.
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При эксплуатации средств НК при отрицательных температурах рекомендуется применять термочехлы, палатки с подогревом.

При работе в условиях отрицательных температур рентгеновские трубки перед включением должны быть выдержаны в помещениях при положительной температуре в течение времени, необходимого для прогрева трубки до температур, гарантирующих ее запуск.

Капиллярный и магнитопорошковый контроль при температуре окружающего воздуха ниже минус 5°С следует проводить с применением дефектоскопических материалов, рассчитанных на отрицательные температуры окружающего воздуха и обеспечивающих требуемую чувствительность контроля.

2.3.4. Методы и объемы неразрушающего контроля качества сварных соединений

При выполнении неразрушающего контроля (НК) кольцевых сварных соединений МГ применяют следующие методы:

- – визуальный и измерительный (ВИК);
- – радиационный (радиографический) (РК);
- – ультразвуковой (УЗК);
- – капиллярный (ПВК);
- – магнитопорошковый (МП).

Контроль методом ВИК выполняется в объеме 100% всех сварных соединений, в том числе после ремонта. Кольцевые сварные соединения газопроводов, признанные годными по результатам ВИК, подлежат НК физическими методами.

Объемы, методы и уровни качества кольцевых стыковых сварных соединений сваренными дуговыми способами при контроле физическими методами, должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.1.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Для участков магистральных газопроводов с рабочим давлением свыше 9,8 МПа устанавливается следующее соответствие категорий: категории «В» соответствует категория «В», категориям I-II соответствует категория «С», категориям III-IV соответствует категория «Н» (согласно п 6.1 СТО Газпром 2-2.1-249-2008).

Таблица 2.1 – Объемы, методы контроля и уровни качества при неразрушающем контроле физическими методами кольцевых сварных соединений магистральных газопроводов [32]

№ п/п	Кольцевые сварные соединения и уровни качества	Объемы и методы контроля сварных соединений	
		РК	УЗК
Уровень качества «А»			
1	Сварные соединения газопроводов для транспортирования товарной продукции, расположенные внутри зданий и в пределах территорий УКПГ, ДКС, КС, ПРГ, СПХГ, ГРС, УЗРГ, за исключением трубопроводов импульсного, топливного и пускового газа.	100	100
2	Специальные сварные соединения – захлестные (гарантийные) стыковые соединения, стыковые соединения вставок («катушек»), стыковые соединения разнотолщинных труб, деталей газопроводов, запорной и распределительной арматуры на газопроводах категории «В» ¹). Угловые и нахлесточные сварные соединения на газопроводах категории «В» ¹).	100	100
3	Сварные соединения газопроводов импульсного, топливного и пускового газа категории «В» ²)	100	-
4	Сварные соединения магистральных газопроводов категории «В» независимо от диаметра.	100	100
5	Сварные соединения после их ремонта на участках газопроводов (данного уровня качества).	100	100
Уровень качества «В»			
6	Специальные сварные соединения - захлестные (гарантийные) стыковые соединения, стыковые соединения вставок («катушек»), стыковые соединения разнотолщинных труб, деталей газопроводов, запорной и распределительной арматуры на газопроводах I – IV категорий ¹). Угловые и нахлесточные сварные соединения на газопроводах I – IV категорий ¹).	100	100
7	Сварные соединения на переходах через автомобильные и железные дороги, селевые потоки, водные преграды	100	100
8	Сварные соединения узлов пуска и приема очистных устройств	100	100

Продолжение таблицы 2.1.

9	Сварные соединения газопроводов всех категорий в горной местности при прокладке в тоннелях	100	100
10	Сварные соединения газопроводов категорий I, II при пересечениях газопроводов между собой, с любыми коммуникациями, воздушными линиями электропередач от 330 кВ, предусмотренные СП 36.13330.2014	100	100
11	Сварные соединения конденсаторов стабильного и нестабильного конденсата.	100	100
12	Сварные соединения газопроводов в районах Западной Сибири, Восточной Сибири, Крайнего Севера и местности, приравненной к Крайнему Северу категорий I – IV	100	100
13	Сварные соединения переходов через болота II – III типов.	100	100
14	Сварные соединения участков трубопроводов, указанных в позициях ба, 9, 10, 18, 20 и 23 таблицы 3 СП 36.13330.2014.	100	100
15	Сварные соединения участков газопроводов I – II категорий во всех районах, независимо от диаметра.	100	100
16	Сварные соединения после их ремонта на участках газопроводов (данного уровня качества).	100	100
Уровень качества «С» (для участков не относящихся (не приравненных) к районам Западной Сибири, Восточной Сибири и Крайнего Севера согласно СП 86.13330.2014)			
17	Сварные соединения участков газопроводов III – IV категорий выполненные механизированной и ручной сваркой в стандартную заводскую разделку кромок.	100	20
18	Сварные соединения участков газопроводов III – IV категорий линейной части МГ с диаметрами 1020, 1220, 1420 мм, выполненные автоматическими способами сварки в защитных газах в узкую разделку кромок, а также комбинированные способы сварки в узкую разделку.	20 ³⁾ 100 ⁴⁾	100 ³⁾
19	Сварные соединения после их ремонта на участках газопроводов (данного уровня качества).	100	100

1) РК применяется как второй метод для контроля качества угловых и нахлесточных сварных соединений. В случае технической невозможности проведения РК следует применять МПК/ПВК.
 2) Допускается проводить ультразвуковой контроль в объеме 100 % при применении специализированных ультразвуковых преобразователей
 3) УЗ-контроль выполнить установками АУЗК (МУЗК), РК проводить в объеме не менее 20 % сварных соединений, признанных годными по результатам УЗК (МУЗК, АУЗК).
 4) Радиографический контроль на участках магистральных газопроводов III-IV категорий в объеме 100% выполняется в следующих случаях:
 - в начальный период времени работы на объекте;
 - при освоении новых технологий, при заменах или изменениях расстановки сварщиков в бригаде (технологическом потоке) до получения стабильного качества сварных соединений (согласно «Рекомендациям по определению показателя качества (уровня брака) сварочных работ подрядных организаций, выполняющих строительство, реконструкцию и капитальный ремонт газопроводов ОАО «Газпром»).

Контроль стыковых сварных соединений труб диаметром 57 мм и менее и толщиной стенки 4,0 мм и менее следует выполнять ВИК, РК (при технической возможности), МПК или ПВК.

Выбор технологии УЗК (АУЗК, МУЗК, РУЗК) осуществляется в соответствии с таблицей 2.2.

									Лист.
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Технологии сварки				

При контроле стыковых кольцевых сварных соединений трубопроводов средства РУЗК (выполненные в одноканальном исполнении) могут применяться технологий ручной дуговой и механизированной сварки. Выбор угла ввода ультразвукового луча и схемы контроля должны обеспечивать контроль всего объема переплавленного металла сварного шва и околошовной зоны с учетом угла разделки кромок под сварку.

Выбор средств УЗК для контроля сварных соединений газопроводов должен соответствовать области их применения, указанной в «Реестре средств неразрушающего контроля качества сварных соединений ПАО «Газпром».

При строительстве протяженных (более 50км) участков магистральных газопроводов и участков средней протяженности (от 25 до 50км) для проведения ультразвукового контроля качества кольцевых сварных соединений следует применять средства АУЗК или МУЗК. В случаях применения высокопроизводительных сварочных комплексов предпочтение следует отдавать средствам АУЗК.

При строительстве участков небольшой протяженности (менее 25км) для проведения ультразвукового контроля качества кольцевых сварных соединений могут быть использованы средства МУЗК и РУЗК (при применении технологий сварки с разделкой кромки отличающейся от стандартной заводской средства РУЗК должны иметь область распространения на данный вид разделки кромки). При необходимости возможно применение АУЗК.

Результаты МУЗК, АУЗК для сварных соединений выполненных автоматической сваркой рекомендуется выдавать после сварки 8 – 10 сварных соединений.

При проведении контроля качества сварных соединений труб с применением средств АУЗК и МУЗК допускаются единичные потери акустического контакта длиной не более 5 мм и суммарной длиной не более 15 мм на оценочном участке.

Таблица 2.2 – Способы сварки и виды ультразвукового контроля качества стыковых сварных соединений [32]

№ п/п	Способ (технология) сварки	Вид (технология) ультразвукового контроля
при строительстве протяженных участков (более 50 км)		
1	ААДП, АПГ	АУЗК, МУЗК
при строительстве участков средней протяженности (от 25 до 50 км)		
2	ААДП, АПГ, АПГ+АПИ, МП+АПИ, МП+АПС, ААД, РАД, РАД+МПИ, РАД+РД	МУЗК, АУЗК
при строительстве участков небольшой протяженности (менее 25 км)		
3	МП+МПС, РД+МПС, МП+МПИ, РД+МПИ, МП + АПИ, АПГ + АПИ, ААДП + АПИ	МУЗК, РУЗК, АУЗК*
*Примечание: на участках небольшой протяженности допускается применение средств АУЗК при применении для сварки автоматических сварочных комплексов.		

Объемы и методы контроля качества сварных соединений труб, выполненных контактной сваркой оплавлением, должны проводиться в соответствии с требованиями НД по технологии контактной стыковой сварки и контролю качества сварных соединений, согласованной ПАО «Газпром».

Сварные соединения подводящих шлейфов монтируемых для проведения испытаний участков магистральных газопроводов должны быть проконтролированы ВИК в объеме 100% и физическим методом (УЗК или РК) в объеме 100%.

Капиллярный метод (ПВК) используется для контроля:

- – поверхности свариваемых кромок;
- – уточнения результатов ВИК;
- – контроля полноты удаления прижогов поверхности трубы дугой или прижогов в случаях установки «массы» на трубе.

Метод ПВК следует применять при ремонте сварных соединений для подтверждения удаления дефектов (дефектных зон) на участках, подлежащих заварке, после выборки дефектных зон. В этом случае вместо ПВК, может применяться МПК.

Контроль кромки и прикромочной зоны следует выполнять ВИК, УЗК (ПВК и МПК – при необходимости) перед проведением сварки в случае:

- – резки труб в полевых условиях;
- – вырезки дефектного участка трубы с повреждениями.

Ширина контролируемой зоны не менее 40 мм. Проведение контроля кромок на расслоение после выполнения переточки кромки под механизированную и автоматическую сварку не требуется, если переточка выполнена на трубе заводской поставки, при этом, величина снятия металла в ходе подготовке кромок не превысила 10 мм.

Сварные соединения участков газопроводов, прокладываемых в районах с сейсмичностью свыше 6 баллов для наземных и свыше 8 баллов по шкале MSK-64 для подземных газопроводов, а также при пересечении зон активных тектонических разломов, должны соответствовать требованиям уровня качества «А».

2.3.5. Нормы оценки качества сварных соединений

При проведении неразрушающего контроля стыковых кольцевых сварных соединений труб со стандартной (заводской) разделкой кромок оценку качества сварных соединений по результатам НК проводим так, как объяснено ниже.

Длина оценочного участка шва при определении суммарной протяженности (условной протяженности) дефектов равна:

- – суммарная протяженность дефектов всех типов на оценочном участке не должна превышать 50 мм (для РК и УЗК с применением средств, выполняющими разбраковку по амплитудному критерию) и $1/6$ длины сварного соединения, если сварное соединение находится в зоне пересечения активных тектонических разломов или в зоне прокладки в многолетнемерзлых грунтах в районах с сейсмичностью свыше 8 баллов по шкале MSK-64, то должна быть меньше $1/8$ длины сварного соединения.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

По результатам НК выдают заключения «Годен», «Ремонт», «Вырезать».

Заключение «Годен» выдается на сварные соединения, для которых выполняются любое из условий:

- дефекты не обнаружены;
- выявлены дефекты, соответствующие критериям допустимости, и их суммарная протяжённость (суммарная условная протяжённость) соответствует требованиям описанным выше

Допустимые размеры дефектов сварных соединений газопроводов, выявляемых при ВИК, капиллярном и магнитопорошковом контроле приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры допустимых дефектов сварных соединений, выявляемых при визуальном и измерительном, капиллярном и магнитопорошковом контроле

Наименование дефектов	Условное обозначение	Допустимые размеры дефектов сварных соединений
Поверхностные поры, металлические и неметаллические включения	А, В	Не допускаются
Свищи, плены, рванины, расслоения и закаты, выходящие на поверхность или торцевые участки трубы или в зоны, примыкающие к линии сплавления шва; прижоги основного металла; забоины с плавными очертаниями, выводящие толщину стенки за пределы допустимых размеров	-	Не допускаются
Кратеры	К	Не допускаются
Трещины	Е	Не допускаются
Несплавления по кромкам выходящие на поверхность для сварных соединений труб уровня качества «А»	Dc2	Не допускаются
Несплавления по кромкам выходящие на поверхность для сварных соединений труб уровня качества «В» и «С»	Dc2	$h \leq 0,05S$, но не более 0,75 $l \leq S$, но не более 15 мм; $D \leq 15$ мм
Подрезы	Fc	$h \leq 0,1S$, но не более 0,5 мм; $l \leq 150$ мм
Наружное смещение кромок	Fd	$h \leq 0,15S$, но не более 2,0 мм*
Внутреннее смещение кромок	Fd	$h \leq 0,15S$, но не более 2,0 мм*

* - для стыковых соединений электросварных труб допускаются локальные смещения $h \leq 0,2S$, но не более 3,0 мм при общей протяженности не более 1/6 длины сварного соединения.

Примечания

1 При смещении кромок более 2,0 мм любые подрезы не допускаются.

2 Подрезы $h \leq 0,05S$, но не более 0,3 мм не квалифицируются как нормируемые дефекты, и их протяженность не регламентируется и в заключении по результатам ВИК не указываются.

3 На поверхности шва не должно быть чешуйчатости глубиной более 1 мм.

					Технологии сварки	Лист.
					40	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Разбраковка сварных соединений по результатам УЗК может выполняться по амплитудному критерию или/и по условным размерам (протяженности и высоте) несплошности и типу несплошности. Максимально допустимая эквивалентная площадь дефектов при УЗК, с применением средств УЗК реализующих амплитудный критерий рабраковки, приведена в таблице 2.4 [32].

Таблица 2.4 – Максимально допустимая эквивалентная площадь дефектов при ультразвуковом контроле, использующем амплитудный метод

Толщина стенки контролируемого соединения, мм	Максимально допустимая эквивалентная площадь, S _{брак} , мм ²	
	Уровень качества «А»	Уровень качества «В» и «С»
$4,0 \leq S < 6,0$	0,70	1,00
$6,0 \leq S < 8,0$	0,85	1,20
$8,0 \leq S < 12,0$	1,05	1,50
$12,0 \leq S < 15,0$	1,40	2,00
$15,0 \leq S < 20,0$	1,75	2,50
$20,0 \leq S < 26,0$	2,50	3,50
$26,0 \leq S \leq 40,0$	3,50	5,00

При обнаружении дефектов только одним из методом НК (УЗК или 11.5.23РК) оценка их условных размеров и допустимости выполняется в соответствии с нормами оценки качества, установленными регламентирующим документом для этого метода контроля.

При проведении контроля качества с применением средств НК, позволяющих измерять условную высоту дефекта, указанных в «Реестре средств неразрушающего контроля качества сварных соединений ПАО «Газпром», допускается применение норм контроля..

В случае обнаружения дефекта одновременно средствами АУЗК (МУЗК) и РК в качестве протяженности дефекта принимается наибольшее значение, определенное одним из средств НК. В качестве условной высоты

обнаруженного дефекта принимается значение условной высоты, измеренное средствами АУЗК (МУЗК).

Примечания:

1. Дефект считается одновременно обнаруженным различными методами физического контроля в следующих случаях:

1.1 Выявленные АУЗК (МУЗК) и РК дефекты расположены в одной и той же зоне сварного шва (в корневой зоне, по разделке кромок шва, между слоями, в заполняющих слоях, в облицовочном слое);

1.2 Выявленные АУЗК (МУЗК) и РК дефекты имеют одинаковую глубину залегания (для РК экспертно определяется по зоне расположения);

1.3 Совпадают типы выявленных дефектов (объемный, плоскостной, скопления или цепочки).

1.4 Образы выявленного АУЗК (МУЗК) и РК дефекта, спроецированные на продольную ось сварного шва, полностью совпадают, либо один из образов расположен внутри второго образа.

Решение о качестве сварного соединения газопровода принимается по результатам совместного рассмотрения оформленных в установленном порядке заключений УЗК (АУЗК, МУЗК) и РК специалистом не ниже II уровня квалификации по данным методам неразрушающего контроля.

Решение принимают по результатам измеренных условных значений протяженности и высоты дефектов на основании норм оценки качества.

Решение оформляют Актом. Форма Акта должна содержать следующую информацию:

- номер и дата Акта;
- список участников принятия технического решения по результатам УЗК и РК;
- наименование организации (предприятия);
- наименование объекта с указанием км, ПК;
- объект контроля (трассовый номер сварного соединения и/или номер по схеме);

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- результат УЗК (МУЗК, АУЗК);
- результат РК;
- принятое решение о годности (не годности) сварного соединения;
- подпись инженера по НК (специалист II или III уровня квалификации по УЗК с правом выдачи заключения по АУЗК, МУЗК);
- подпись руководителя лаборатории НК.

Номер и дата Акта вписывают в Журнал контроля сварных соединений неразрушающими методами поз.11 (форма – Приложение Г.4 СТО Газпром 2-2.2-136-2007) и Журнал сварки сварных соединений поз.38 (форма – Приложение Г.3 СТО Газпром 2-2.2-136-2007).

Акт передается Заказчику в составе исполнительной документации совместно с заключениями по результатам неразрушающего контроля качества сварных соединений.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

2.4. Предварительный подогрев кромок труб

Предварительный подогрев свариваемых кромок является одной из наиболее ответственных технологических операций при сварке стыков магистральных трубопроводов. Предварительный подогрев применяется для регулирования термического цикла при сварке за счет изменения начальной температуры стыка, вследствие чего уменьшается скорость охлаждения металла. Особенно чувствительны к действию термического цикла, к надрезам и ударным нагрузкам низколегированные стали с эквивалентом углерода 0,45% и выше.

При ручной дуговой сварке в зоне термического влияния этих сталей повышается вероятность трещинообразования и увеличения хрупкости, поскольку погонная энергия очень мала и, следовательно, велика скорость охлаждения. В ещё большей степени это проявляется при сварке корня шва электродами с целлюлозным видом покрытия, когда скорость охлаждения максимальна по сравнению со сваркой других слоев шва, уменьшена погонная энергия сварки (скорость сварки электродами с целлюлозным видом покрытия вдвое превышает скорость сварки электродами с основным видом покрытия) и увеличена склонность к образованию холодных трещин за счет повышения содержания водорода в металле шва.

Предварительный подогрев кромок труб требуется для предотвращения образования трещин в сварных стыках труб из высокопрочного металла со стенкой повышенной толщины.

Необходимость подогрева металла перед сваркой устанавливается согласно табл. 2.5.

					Технологии сварки	Лист.
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.5 – Предварительный подогрев металла перед сваркой

Нормативный предел прочности трубы, (кгс/мм ²)	Толщина стенки	Температура и условия подогрева
До 509 (52) включительно	До 12 мм включительно Свыше 12 мм до 20 мм	До 100° С при температуре воздуха - 20° С и ниже До 100° С при отрицательных температурах воздуха
Свыше 509 (52) до 558 (57) включительно	7-9мм	До 100° С при отрицательных температурах воздуха
Свыше 509 (52) до 588 (60) включительно	9,5- 14,0 мм 14,5 - 20,0 мм	До 100° С при любой температуре воздуха До 150° С при любой температуре воздуха

Необходимость предварительного подогрева концов труб перед прихваткой и сваркой первого (корневого) слоя и температура подогрева устанавливаются в зависимости от эквивалента углерода стали $C_{\text{э}}$, толщины стенки трубы, температуры окружающего воздуха и типа электрода в соответствии сданными табл.2.6.

Подогревающие устройства газоплазменные ПС-1022, ПС-1221, ПСК-1020-1420 и электрические (КЭН) должны обеспечивать равномерный нагрев стыкуемых труб по их периметру до требуемой температуры на ширине участка 150 мм от торца трубы.

Температуру подогрева свариваемых кромок следует контролировать контактными термометрами (ТП-2) или стандартными термокарандашами. Замер температуры производится на расстоянии 10-15 мм от торца трубы.

В случае стыковки труб с разной величиной $C_{\text{э}}$, температуру предварительного подогрева выбирают по большему значению величины эквивалента углерода.

В целях предупреждения дефектов в металле шва перед наложением следующего слоя должна быть произведена зачистка от шлака и брызг наплавленного металла.

При сварке заполняющих слоев шва труб с прочностью 539МПа (55 кгс/мм²) и выше необходимо следить, чтобы температура подогрева не снизилась при выполнении первого заполняющего слоя ниже чем на 50 % от номинального значения (табл.2.6). При выполнении последующих заполняющих и облицовочного слоев эта температура не должна быть ниже +5°С. Если температура подогрева упала ниже указанной, необходимо выполнить подогрев кромок [32].

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таблица 2.6 – Температура предварительного подогрева при сварке корневого слоя шва

Эквивалент углерода С, %	Температура предварительного подогрева (° С) при толщине стенки трубы, мм													
	7,1-8	8,1-9	9,1-10	10,1-11	11,1-12	12,1-13	13,1-14	14,1-15	15,1-16	16,1-17	17,1-18	18,1-19	19,1-20	20,1-26
Электроды с основным покрытием														
0,37-0,41	*	*	*	*	*	*	*	*	-35/1	-25/1	-15/1	-10/1	0/1	1
0,42-0,46	*	*	*	*	*	-35/1	-15/1	0/1	10/1	1	1	1	1	1
0,47-0,51	*	*	*	-20/1	0/1	1	1	1	1	1	2	2 :	2	2
Электроды с целлюлозным покрытием														
0,32-0,36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-15/1	-10/1	-5/1	0/1	1
0,37-0,41	*	*	-20/1	0/1	20/1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
0,42-0,46	*	-10/1	20/1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3
0,47-0,51	20/1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
<p>Примечание. В таблице приняты обозначения:</p> <ul style="list-style-type: none"> * - подогрев не требуется; -10/1 - подогрев до 100° С при температуре окружающего воздуха ниже указанной в левой части клетки (например, -10° С); 1 - подогрев до 100° С независимо от температуры воздуха; 2 - подогрев до 150° С независимо от температуры воздуха; 3 - подогрев до 200° С независимо от температуры воздуха 														

2.5. Газопроводы из трубной стали категории прочности X80 X100

Основными перспективными конструкционными материалами для трубопроводов большого диаметра, предназначенных для транспортировки природного газа под давлением 9,8-11,7 МПа, являются стали категории прочности K65 (X80), K70 (X100) [31].

Высокопрочные трубные стали категории прочности X80, X100 относятся к низколегированным Si-Mn сталям, отличающимся от традиционных кремне-марганцовистых трубных сталей:

- пониженным содержанием углерода и микролегированием, сильными карбидообразующими элементами Nb, V, Ti, обеспечивающими в сочетании с термомеханической обработкой высокие прочностные характеристики и сопротивление хрупкому разрушению;

- повышенным содержанием марганца (от 1,6% до 2%), способствующим, при наличии стойких карбидообразующих элементов, торможению распада аустенита по диффузионному механизму и предотвращающим формирование перлитной структуры.

Стали категории прочности X80, X100 в отличие от традиционных трубных сталей с ферритно-перлитной структурой характеризуются ферритно-бейнитной (с содержанием феррита не более 20-30 %) и бейнитно-мартенситной структурами соответственно [15].

К настоящему времени в литературе отсутствуют сведения о достоверности оценки реакции высокопрочных малоуглеродистых микролегированных сталей на термический цикл сварки по Сэкв при использовании критериев, применимых для традиционных Si-Mn низколегированных трубных сталей.

Успешное применение высокопрочных трубных сталей для строительства газопроводов определяется наличием рациональных технологических процессов их сварки, основанных на изучении особенностей свариваемости сталей данной группы.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

2.6. Рекомендации по сварке кольцевых стыков газопроводов, изготовленных из высокопрочных трубных сталей

Данные рекомендации были разработаны применительно к сварке кольцевых стыков трубопроводов из сталей категории прочности X80, X100 диаметром 1420 мм с толщиной стенки до 33 мм, используемые для работы под давлением 8,3 11,8 Мпа [15].

При разработке рекомендаций были использованы основные положения нормативных документов ПАО «Газпром» по технологиям сварки при строительстве и ремонте магистральных газопроводов. В основу назначения режимов сварки положена задача обеспечения в околошовном участке ЗТВ сварных соединений требуемого уровня механических свойств за счет регулирования скорости охлаждения в интервале температур диффузионного распада аустенита.

Согласно нормативным документам ОАО «Газпром» для труб, изготовленных из стали X80, значения ударной вязкости на образцах типа Шарпи не могут быть ниже 50 Дж/см при температуре испытаний -40°C , а твердость металла ЗТВ сварного соединения, изготовленного из сталей X80 и X100 не может превышать значений, указанных в таблице 2.7.

					Технологии сварки	Лист.
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.7 – Максимально допустимые значения твердости (HV) ЗТВ кольцевых сварных соединений труб [14]

[Redacted]	[Redacted]			
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Требуемый уровень ударной вязкости для стали категории прочности Х80 при температуре испытаний -40°C имеет металл ОШУ ЗТВ с бейнитной структурой, сформировавшейся при охлаждении в диапазоне скоростей охлаждения от $10^{\circ}\text{C}/\text{c}$ до $100^{\circ}\text{C}/\text{c}$. Выделение в структуре полигонального феррита ($w_{B_5} < 10^{\circ}\text{C}/\text{c}$), и особенно появление в структуре мартенситной фазы ($w_{G.5} > 60^{\circ}\text{C}/\text{c}$), способствует существенному снижению значений ударной вязкости [14].

Требуемые значения, твердости металла ОШУ ЗТВ сталей категории прочности Х80 и Х100 могут быть обеспечены, если скорости охлаждения сварных соединений в интервале температур $800 - 500^{\circ}\text{C}$ соответствуют значениям представленным в таблица 2.8.

Таблица 2.8 – Рекомендуемые значения скорости охлаждения ЗТВ кольцевых сварных соединений труб из сталей категории прочности Х80, Х100 [19]

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

2.7. Технологические параметры режимов ручной дуговой сварки

На рисунке 2.1. представлена разделка кромок торцов труб с толщиной стенки свыше 18 мм для ручной дуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов в соответствии с требованиями СТО «Газпром» 2-2.2-136-2007 [27].

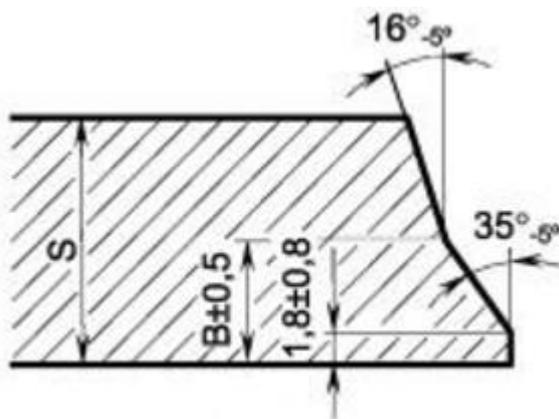


Рисунок 2.1. Разделка кромок торцов труб толщиной свыше 18мм
Геометрические характеристики разделки кромок выбираются согласно таблице 2.9.

. Таблица 2.9 – Характеристики разделки кромок

Класс безопасности	S, мм	B, мм
Нормальный	20,00	10,0
Средний	27,6	12,0
Высокий	33,0	13,0

Величина зазора при сборке стыковых соединений труб, регулируемая в зависимости от способа сварки и диаметра электрода, представлена в таблице 2.10.

Т а б л и ц а 2.10 – Требования к величине зазора и диаметру электродов при ручной дуговой сварке кольцевых сварных соединений трубопроводов

Способ сварки	Диаметр электрода, мм	Зазор, мм
РДС на подъем	2,5	2,0-3,0
	3,0	2,5-3,5
РДС на спуск	3,2	1,0-2,5
	4,0	1,5-2,5

Режимы предварительного подогрева при сварке неповоротных стыков в линейном потоке различаются в зависимости от вида выполняемого прохода, количества сварщиков, выполняющих проход, и температуры окружающего воздуха.

Предварительный подогрев должен выполняться перед прихваткой или сваркой, в том числе в условиях "выноса" этой операции в подготовительные работы. Ширина зоны подогрева непосредственно перед прихваткой и сваркой не менее 150 мм (± 75 мм от линии стыка). Ширина зоны подогрева, вынесенной в подготовительные работы, не менее 300 мм (± 150 мм от линии стыка).

Минимально допустимое число слоев шва в зависимости от толщины стенки трубы должно соответствовать требованиям таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Требования к минимально допустимому числу слоев

Диаметр, мм	Толщина стенки трубы, мм	Минимально допустимое число слоев поточно-расчлененный способ
1420	18,3	6
	21,8	7
	27,1	8
	33	9

Увеличение числа слоев не влечет за собой переаттестацию технологии сварки.

Сварку первого (корневого) слоя шва осуществляли на режимах, приведенных в таблице 2.12.

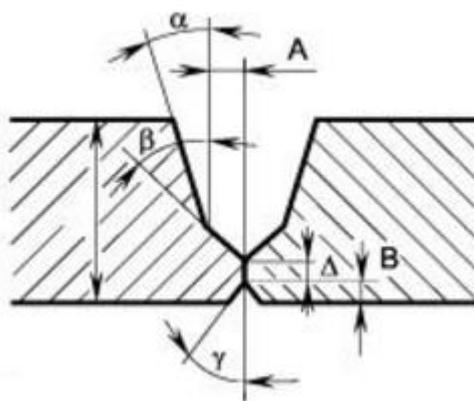


Рисунок 2.2. Геометрические параметры разделки кромок и сборки соединений труб для автоматической двухсторонней сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах

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 $(1,8 \pm 0,2)$

Прилегающие к торцам внутреннюю и наружную поверхности труб зачищают до чистого металла на ширину не менее 15 мм. Следует зашлифовать "заподлицо" с поверхностью трубы наружное усиление продольного шва на длине от торца не менее 10 мм. Перед обработкой торца после газовой резки следует зашлифовать "заподлицо" с внутренней поверхностью трубы внутреннее усиление продольного шва на длину не менее 50 мм от торца. Стык следует собирать без зазора. Допускаются локальные зазоры не более 0,5 мм. Смещение кромок в собранном стыке рекомендуется допускать не более 2 мм.

Диапазоны используемых режимов сварки разных проходов различаются в зависимости от вида оборудования и технологии сварки и выбраны в соответствии с нормативными документами ОАО «Газпром». Используется проволока сплошного сечения. Режимы сварки приведены в таблице 2.14.

С использованием данных таблицы 2.14 был определен диапазон погонных энергий, используемых при выполнении автоматической дуговой сварки кольцевых стыков газопроводов большого диаметра, который составил от 0,2 кДж/мм до 1,5 кДж/мм.

Количество заполняющих слоев выбирается в зависимости от толщины стенки трубы. Ориентировочно количество заполняющих слоев составляет:

- для труб с толщиной стенки 18,3 мм - 3-4 слоя;
- для труб с толщиной стенки 21,8 мм - 4-5 слоев;
- для труб с толщиной стенки 27,1 мм - 6-7 слоев.

Сварку заполняющих и облицовочного слоев шва выполняют "на спуск" с поперечными колебаниями электродной проволоки одновременно двумя наружными автоматами, при этом каждый автомат сваривает половину стыка [22].

Сварку первого наружного шва ("горячего прохода") производят двумя наружными автоматами, передвигающимися по установленному ранее направляющему поясу, сверху вниз. Сварку "горячего прохода" следует выполнять одновременно со сваркой внутреннего корневого шва. Согласно действующим нормативным документам ОАО «Газпром» рекомендуется начинать сварку после того, как внутренним корневым слоем будет сварено 200-250 мм на соответствующем полупериметре трубы. Каждый наружный автомат сваривает половину стыка. В зависимости от достигнутого к этому моменту уровня межслойной температуры скорость охлаждения ОШУ ЗТВ сварного соединения при выполнении горячего прохода может существенно меняться.

Параметры автоматической дуговой сварки в защитных газах, обеспечивающие в ОШУ ЗТВ сварного соединения заданный диапазон скоростей охлаждения, представлены в таблице 2.15.

					Технологии сварки	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таблица 2.15 – Рекомендуемые параметры автоматической дуговой сварки в защитных газах сталей X80, X100

Сварочный аппарат	Сварочный ток, А	Сварочная проволока	Скорость сварки, м/мин	Скорость подачи проволоки, м/мин	Скорость движения горелки, м/мин
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Продолжение таблицы 2.15

[Redacted]							
[Redacted]							
[Redacted]							
[Redacted]							

Продолжение таблицы 2.16

Как видно из данных таблицы 2.16, скорости охлаждения металла высокотемпературного участка ЗТВ при РДС без подогрева в 1,5 раза выше, чем металла аналогичного участка при РДС с подогревом. При этом при близких фактических значениях температуры металла перед сваркой в условиях аналогичных процессов (РДС с подогревом) скорости охлаждения металла участков с близкой максимальной температурой нагрева приблизительно одинаковы независимо от температуры окружающей среды.

Это свидетельствует о том, что фактическая температура металла достаточно массивных изделий оказывает большее влияние на скорость охлаждения корневого прохода, чем температура окружающей среды.

Следует учитывать возможное понижение температуры металла труб в условиях Крайнего Севера. Это будет способствовать возрастанию скорости вплоть до критических значений, что особенно опасно при сварке металла с повышенными значениями Сэкв. Следовательно, РДС корневого прохода целесообразно выполнять с подогревом. В этом случае скорость охлаждения металла ЗТВ при выполнении корневого прохода будет находиться в диапазоне скоростей ожидаемого формирования бейнитной структуры. При отсутствии подогрева скорость будет приближаться к критическим значениям [26].

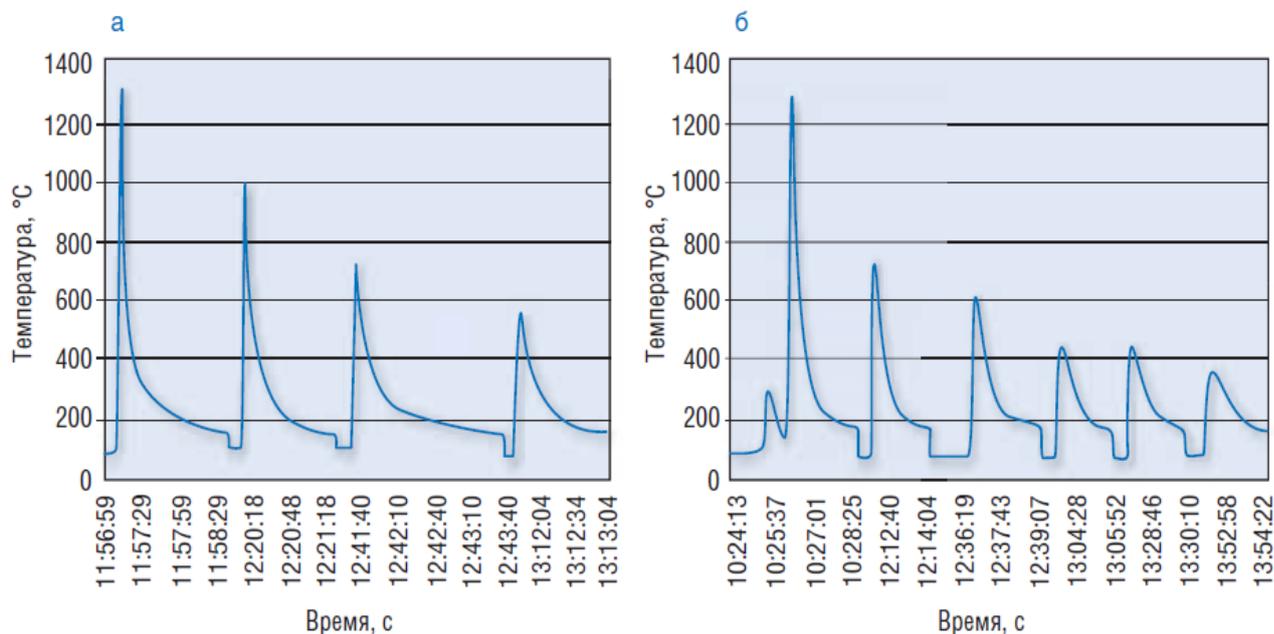
При сварке заполняющих и особенно облицовочных проходов в большей степени начинает проявляться влияние температуры окружающей среды, обуславливающей интенсивность теплоотвода.

В частности, в процессе сварки в условиях отрицательных температур скорость ЗТВ облицовочных слоев приблизительно в 3–4 раза выше, чем в ЗТВ заполняющих проходов. При этом ее абсолютные значения превышают допускаемый диапазон, и следует ожидать формирование мартенситной фазы.

Особенность формирования структуры, а следовательно, и свойств сварных соединений при многослойной сварке заключается в том, что металл предыдущих слоев претерпевает многократное тепловое воздействие от наложения последующих валиков. Это может вызвать его перекристаллизацию, закалку, высокий и низкий отпуск.

Температура окружающей среды будет оказывать значительное влияние на эффект термоциклирования.

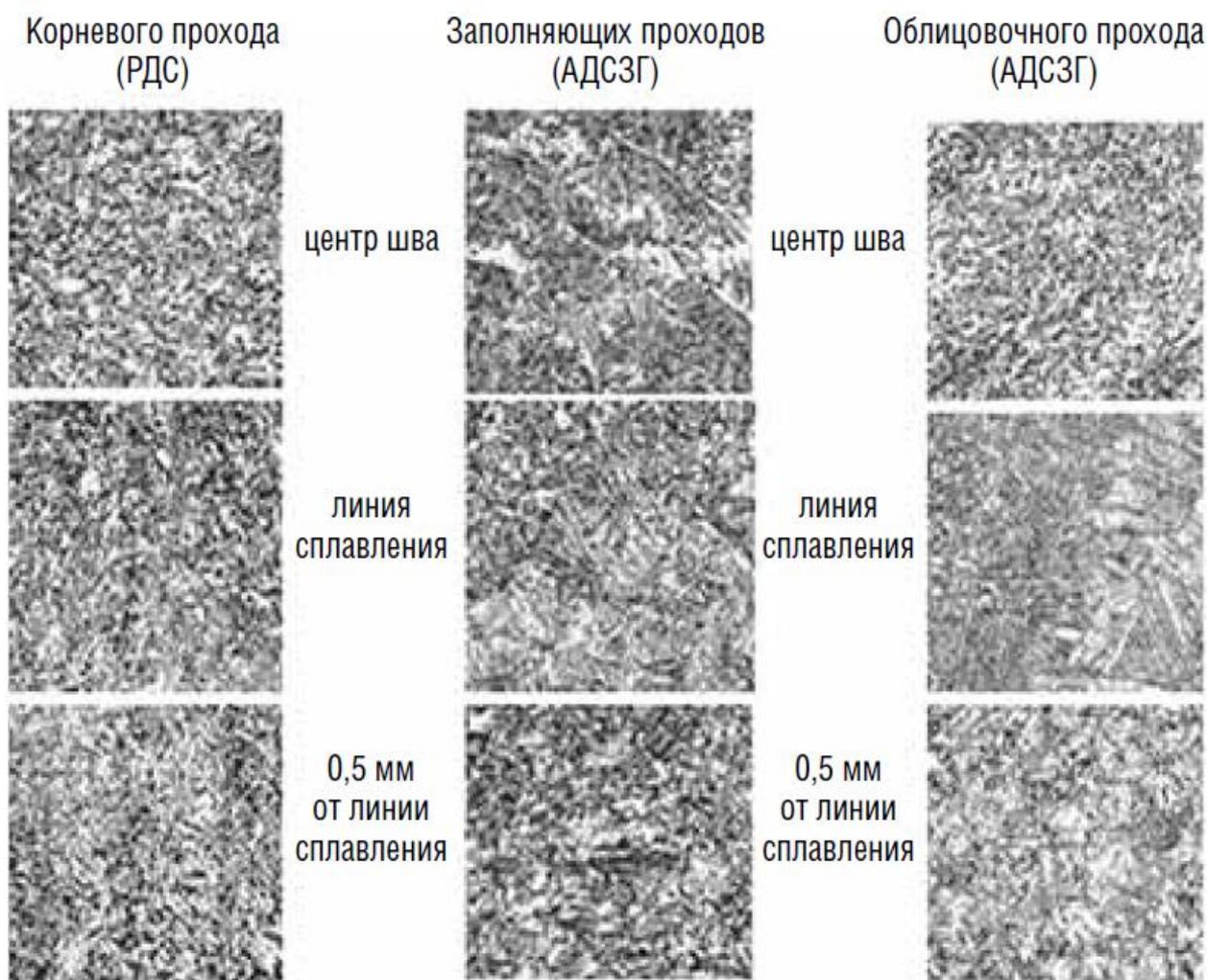
Так, при выполнении сварки в условиях отрицательных температур значительно снижается эффект термоциклирования, имеющий место при сварке в условиях положительных температур (рис. 2.3).



Например, для участка ЗТВ с максимальной температурой нагрева 1286 °С при сварке в условиях отрицательных температур окружающей среды максимальная температура следующего цикла не превышает 630 °С, в то время как при положительных температурах и прочих равных условиях металл этого участка претерпевает дополнительное воздействие двух циклов с максимальными температурами выше температуры нормализации [26].



Анализ микроструктур включает оценку структурно-фазового состава и возможность наличия холодных трещин.



[REDACTED]

Как в металле шва, так и в ЗТВ при обоих вариантах сварки изменение твердости не существенно.

По линии сплавления и в ОШУ ЗТВ облицовочных проходов (на расстоянии 0,5 мм от линии сплавления, включительно) формируется мартенситная фаза. При этом из-за низкого содержания углерода в стали формируется малоуглеродистый мартенсит, имеющий невысокую твердость и достаточную пластичность, что обеспечивает стойкость к образованию холодных трещин.

Таким образом, если сдерживать допустимый диапазон скоростей охлаждения в пределах (15–40 °С/с) во время сварки кольцевых стыков труб из высокопрочной стали X80, то в металле сварных швов и ЗТВ формируется ферритно-бейнитная или ферритно-бейнитно-мартенситная структуры.

При увеличении скорости охлаждения до 80 °С/с содержание мартенситной фазы значительно увеличивается до 50–55 %, в результате этого ухудшаются механические свойства сварных соединений. Сварные соединения с такими свойствами не соответствуют нормативным требованиям. Поэтому очень важно сохранять скорость охлаждения в оптимальных пределах.

Глава 3. Расчетная часть

В качестве объекта, над которым проведены расчеты, был взят действующий газопровод «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», обладающий следующими техническими характеристиками:

- номинальный диаметр – 1220 мм;
- рабочее давление – 9,8 МПа;
- временное сопротивление – 565 МПа;
- предел текучести – 483 МПа;
- категория газопровода – I, II;
- коэффициент условий работы – 0,75;
- класс прочности X70;
- марка стали 09Г2С;
- радиус упругого изгиба – 2000 м;
- температурный перепад – 50 °С;
- толщина стенки – 24,6 мм.

3.1. Оценка свариваемости стали

Свариваемость – свойство металлов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям или требованиям качества.

Материалом для изготовления элементов газопровода является сталь марки 09Г2С. Это конструкционная низколегированная сталь. Химический состав стали представлен в таблице 3.1, а механические свойства в таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 09Г2С

С, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Mo, %
0,09	1,5	0,5-0,8	0,040	0,035	0,30	0,30	0,30	0,023

					Технологии сварки, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Изм..	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Самохин Е.Г.			Расчетная часть	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веревкин А.В.					65	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

Таблица 3.2. – Механические свойства стали

$d_5, \%$	$\sigma_T, \text{МПа}$	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\psi, \%$	$KCU, \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2}$ (при 20°)
31	300	460	63	270

Для определения свариваемости стали 09Г2С необходимо определить эквивалент углерода, который определяется в соответствии с формулой:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{х}} + C_{\text{р}}, \quad (3.1)$$

где $C_{\text{х}}$ – химический эквивалент углерода, %;

$C_{\text{р}}$ – размерный эквивалент углерода, %.

$$C_{\text{х}} = C + \frac{1}{9} \cdot Mn + \frac{1}{9} \cdot Cr + \frac{1}{11} \cdot Ni + \frac{1}{2} \cdot Mo \quad (3.2)$$

$$= 0,09 + 0,16 + 0,033 + 0,027 + 0,023 = 0,34 \%,$$

$$C_{\text{р}} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{х}} = 0,005 \cdot 32 \cdot 0,34 = 0,05 \%, \quad (3.3)$$

где S – толщина металла, мм.

Таким образом, в соответствии с формулой (3.1):

$$C_{\text{э}} = 0,34 + 0,0544 = 0,39 \%.$$

Так как эквивалент углерода находится в пределах от 0,35 % и до 0,45 %, то сталь сваривается без ограничений.

Рекомендуемые способы сварки для данной стали: РДС (ручная дуговая сварка), АДС (автоматическая дуговая сварка).

3.2. Расчет режима сварки в среде защитных газов

Режим сварки является основным элементом технологического процесса сварки той или иной конструкции либо изделия. От его правильного выбора в значительной мере зависит качество сварного соединения, производительность и экономическая эффективность технологического процесса сварки в целом.

К основным параметрам режима механизированной дуговой сварки в защитных газах плавящимся электродом, определяемых расчетом,

					Расчетная часть	Лист.
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

относятся: сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки. Все расчеты были выполнены по методическому пособию Е.А. Трущенко.

Расчет режима сварки производится всегда для конкретных случаев, когда известен тип соединения, марка стали, защитная среда и другие данные по шву или технологическому процессу.

Форма разделки кромки трубы показана на (рис.3.1).

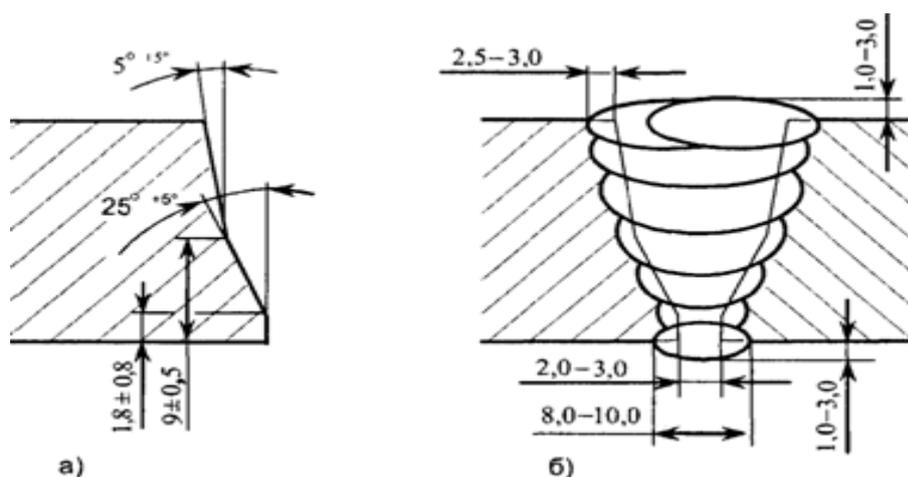


Рисунок 3.1. Геометрические параметры специальной разделки кромок труб (а) и сварного шва (б) неповоротных кольцевых стыковых соединений труб

Исходя из геометрических параметров разделки кромок, известна общая площадь наплавленного металла:

$$F_{\text{общ}} = 196,5 \approx 200 \text{ мм}^2.$$

При расчете параметров режима сварки следует учесть рекомендации по количеству наплавленного металла за один проход

- площадь наплавки для первого прохода равной 40 мм^2 ;
- площадь наплавки для второго прохода равной 60 мм^2 ;
- площадь наплавки для третьего прохода равной 50 мм^2 ;
- площадь наплавки для четвертого прохода равной 50 мм^2 .

3.2.1. Расчет параметров сварки для первого прохода

1) Выбираем силу сварочного тока:

					Расчетная часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$I_{\text{св}} = \frac{d_{\text{э}}^2 \cdot \pi \cdot j}{4}; \quad (3.4)$$

где j - допустимая плотность тока, А/мм²;

$d_{\text{э}}$ - диаметр электрода равен 1,2 мм.

Допустимая плотность тока при механизированной сварке стыковых швов зависит от диаметра электрода (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Значения плотности тока в зависимости от диаметра электрода

$d_{\text{э}}, \text{мм}$	1	2	3	4	5	6
$j, \text{А/мм}^2$	90...400	65...200	45...90	35...60	30...50	25...45

Так как сварка производится электродной проволокой диаметром 1,2 мм, то принимаем значение плотности тока $j=202,5 \text{ А/мм}^2$.

Так как сварка производится в среде углекислого газа электродной проволокой диаметром 1,2 мм, то его величина:

$$I_{\text{св}} = \frac{1,2^2 \cdot 3,14 \cdot 202,5}{4} = 229 \text{ (А)};$$

2) Для принятой силы сварочного тока определяем оптимальное напряжение дуги:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{\text{э}}}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1; \quad (3.5)$$

$$U_{\text{д}} = \left(20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,2}} \cdot 229 \right) = 30,5 \pm 1 \text{ (В)};$$

3) Зная сварочный ток, диаметр электрода и напряжение дуги, определяем коэффициент формы провара:

$$\psi_{\text{пр}} = K'' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}; \quad (3.6)$$

где K'' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Величина K'' при плотности тока $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ составляет 0,92.

При механизированной сварки значения $\psi_{\text{пр}}$ должны составлять 0,8...4, так как при малых значениях коэффициента провара обычно формируются

					Расчетная часть	Лист.
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

швы, склонные к образованию горячих трещин, при больших – слишком широкие швы с малой глубиной провара, что нерационально с точки зрения использования теплоты дуги и приводит к увеличению сварочных деформаций.

Коэффициент формы провара будет равен:

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 229) \cdot \frac{1,2 \cdot 30,5}{229} = 2,46;$$

4) Для определения скорости перемещения сварочной дуги используется методика расчета по требуемой площади сечения наплавленного металла:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{в}}}; \quad (3.7)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ - плотность наплавленного металла, г/см³.

Так как металл электрода – сталь, то его плотность $\gamma = 7,8$ г/см³.

При сварке в среде углекислого газа величина коэффициента наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi_{\text{н}}); \quad (3.8)$$

где $\psi_{\text{н}}$ - коэффициент потерь, в относительных единицах.

Величина коэффициента расплавления состоит из двух слагаемых:

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha_{\text{р}}^{\text{д}} + \alpha_{\text{р}}^{\text{м}}; \quad (3.9)$$

где $\alpha_{\text{р}}^{\text{д}}$ – составляющая коэффициента расплавления электрода, обуславливаемая тепловложением сварочной дуги, г/А·ч;

$\alpha_{\text{р}}^{\text{м}}$ – составляющая коэффициента расплавления, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/А·ч.

При сварке на постоянном токе прямой полярности значение коэффициента $\alpha_{\text{р}}^{\text{д}}$ определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{р}}^{\text{д}} = A + B \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}} \quad (3.10)$$

где А и В – коэффициенты, значения которых приведены в таблице 3.4.

					Расчетная часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Таблица 3.4 – Значения коэффициентов А и В от рода тока

Род тока, полярность	Коэффициент	
	А	В
Постоянный ток, прямая полярность	6,3	0,065
Переменный	7,0	0,04

$$\alpha_p^d = 6,3 + 0,065 \cdot \frac{229}{1,2} = 18,7 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$$

Величина второй составляющей коэффициента расплавления может быть рассчитана по уравнению, предложенному Б.К. Панибратцевым:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{\text{св}}} \cdot \frac{l}{a_3^2} \quad (3.11)$$

где l - величина вылета электрода, выбирается в пределах 10...20 мм.

Принимаем величину вылета электрода равной 15 мм, тогда:

$$\alpha_p^m = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{229} \cdot \frac{15}{1,2^2} = 0,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$$

Коэффициент расплавления будет равен:

$$\alpha_p = 18,7 + 0,5 = 19,2 \text{ г/А}\cdot\text{ч};$$

Величина коэффициента потерь ψ_n (%) для сварки при оптимальных значениях напряжения дуги зависит от плотности тока в электроде и определяется по формуле:

$$\psi_n = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2; \quad (3.12)$$

Получим:

$$\begin{aligned} \psi_n &= -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 202,5 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 202,5^2 = 12,55 \% \\ &= 0,13; \end{aligned}$$

Величина коэффициента наплавки составит:

$$\alpha_n = 19,2 \cdot (1 - 0,13) = 16,7 \left(\frac{\text{г}}{\text{А}\cdot\text{ч}} \right);$$

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{\text{св}} = \frac{16,7 \cdot 229}{3600 \cdot 7,80 \cdot 0,40} = 0,341 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 12,3 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right);$$

5) Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле:

					Расчетная часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$V_{\text{пэл}} = \frac{\alpha_p \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot F_{\text{эл}} \cdot \gamma}; \quad (3.13)$$

где $F_{\text{эл}}$ - площадь поперечного сечений электрода, см^2 .

$$F_{\text{эл}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; \quad (3.14)$$

$$F_{\text{эл}} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ (мм}^2\text{)} = 0,0113 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Получим:

$$V_{\text{пэл}} = \frac{19,2 \cdot 229}{3600 \cdot 0,0113 \cdot 7,8} = 13,86 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}}\right) = 498,96 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}}\right).$$

б) Определяем значение погонной энергии по формуле:

$$q_n = \frac{\eta_{\text{э}} \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}}}{V_{\text{св}}}; \quad (3.15)$$

где $\eta_{\text{э}}$ - эффективный КПД нагрева изделия дугой, который при сварке в защитном газе имеет значения: 0,80...0,84.

Принимаем $\eta_{\text{э}} = 0,80$, тогда:

$$q_n = \frac{0,80 \cdot 229 \cdot 30,5}{0,341} = 16386 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}}\right) = 1,6386 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{мм}}\right)$$

При сварке в углекислом газе, глубина проплавления рассчитывается по формуле:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (3.16)$$

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{16386}{2,46}} = 0,66 \text{ (см)} = 6,7 \text{ (мм)}$$

Получим: $H=7\text{мм}$.

3.2.2. Расчет параметров сварки для второго прохода

Изменение объема наплавленного металла, приводит к изменению следующих параметров сварки: скорость перемещения сварочной дуги $V_{\text{св}}$, погонная энергия $q_{\text{п}}$ и глубина проплавки H . Остальные параметры остаются такими же, как и для первого прохода.

					Расчетная часть	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Скорость перемещения сварочной дуги для второго прохода составит:

$$V_{\text{св}} = \frac{16,7 \cdot 229}{3600 \cdot 7,80 \cdot 0,60} = 0,227 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 8,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right);$$

Определяем значение погонной энергии для второго прохода:

$$q_n = \frac{0,80 \cdot 229 \cdot 30,5}{0,227} = 24615 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}} \right) = 2,4615 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{мм}} \right);$$

Рассчитываем глубину проплавки:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{24615}{2,46}} = 0,81(\text{см}) = 8,1 (\text{мм}).$$

3.2.3. Расчет параметров сварки для третьего и четвертого проходов

Объем наплавленного металла для третьего и четвертого проходов одинаков и составляет 50 мм². Изменение объема наплавленного металла, приводит к изменению следующих параметров сварки: скорость перемещения сварочной дуги $V_{\text{св}}$, погонная энергия q_n и глубина проплавки H . Остальные параметры остаются такими же, как и для предыдущих проходов.

Скорость перемещения сварочной дуги составит:

$$V_{\text{св}} = \frac{16,7 \cdot 229}{3600 \cdot 7,80 \cdot 0,50} = 0,272 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right) = 9,8 \left(\frac{\text{м}}{\text{ч}} \right);$$

Определяем значение погонной энергии:

$$q_n = \frac{0,80 \cdot 229 \cdot 30,5}{0,272} = 20542 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{см}} \right) = 2,0542 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{мм}} \right).$$

Рассчитываем глубину проплавки:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{20542}{2,46}} = 0,74(\text{см}) = 7,4 (\text{мм}).$$

3.3. Параметры режимов автоматической сварки

Значения рассчитанных параметров сварки представлены в таблице 3.5.

					Расчетная часть	Лист.
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.5 – Параметры автоматической сварки

Название параметра	Значение
Первый проход	
Сила сварочного тока, $I_{св}$.	229 (А)
Напряжение дуги, $U_{д}$.	30,5 +/- 1 (В)
Скорость сварки, $V_{св}$.	0,341 (см/с); 12,3 (м/ч)
Скорость подачи электродной проволоки, $V_{пэл}$.	13,86 (см/с); 498,96 (м/ч)
Площадь поперечного сечения электрода, $F_{эл}$.	1,13 (мм ²); 0,0113 (см ²)
Погонная энергия, $q_{п}$	16386 (Дж/см); 1,6386 (кДж/мм)
Глубина проплавления, H	7 (мм)
Второй проход	
Сила сварочного тока, $I_{св}$.	229 (А)
Напряжение дуги, $U_{д}$.	30,5 +/- 1 (В)
Скорость сварки, $V_{св}$.	0,227 (см/с); 8,2 (м/ч)
Скорость подачи электродной проволоки, $V_{пэл}$.	13,86 (см/с); 498,96 (м/ч)
Площадь поперечного сечения электрода, $F_{эл}$.	1,13 (мм ²); 0,0113 (см ²)
Погонная энергия, $q_{п}$	24615 (Дж/см); 2,4615 (кДж/мм)
Глубина проплавления, H	8,1 (мм)
Третий проходы	
Сила сварочного тока, $I_{св}$.	229 (А)
Напряжение дуги, $U_{д}$.	30,5 +/- 1 (В)
Скорость сварки, $V_{св}$.	0,272 (см/с); 9,8 (м/ч)
Скорость подачи электродной проволоки, $V_{пэл}$.	13,86 (см/с); 498,96 (м/ч)
Площадь поперечного сечения электрода, $F_{эл}$.	1,13 (мм ²); 0,0113 (см ²)
Погонная энергия, $q_{п}$	20542 (Дж/см); 2,0542 (кДж/мм)
Глубина проплавления, H	7,4 (мм)
Четвертый проход	
Сила сварочного тока, $I_{св}$.	229 (А)
Напряжение дуги, $U_{д}$.	30,5 +/- 1 (В)
Скорость сварки, $V_{св}$.	0,272 (см/с); 9,8 (м/ч)
Скорость подачи электродной проволоки, $V_{пэл}$.	13,86 (см/с); 498,96 (м/ч)
Площадь поперечного сечения электрода, $F_{эл}$.	1,13 (мм ²); 0,0113 (см ²)
Погонная энергия, $q_{п}$	20542 (Дж/см); 2,0542 (кДж/мм)
Глубина проплавления, H	7,4 (мм)

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4Б	Самохину Евгению Геннадьевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность и хранение газонефтепроводов и хранилищ»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка эксплуатационных затрат на сварку участка магистрального газопровода диаметром 1020 м, с проведением экономического сравнения перспективности ремонта, сварки плавящимся электродом в среде защитного газа (СПЭЗГ) с традиционной технологией ручной дуговой сварки (РДС)</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>СТО Газпром РД 1.12-096-2004</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>– Оценка перспективности ремонта участка магистрального газопровода с применением сварки плавящимся электродом в среде защитного газа (СПЭЗГ) и ручной дуговой сварки покрытыми электродами (РДС)</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>– Расчет капитальных вложений, перспективности ремонта участка магистрального газопровода; – Расчет эксплуатационных издержек; – Расчет экономической эффективности</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>– Определение финансовой эффективности определенного вида сварки при ремонте участка магистрального газопровода</i>

Перечень графического материала	
1. Расчетные формулы	
2. Таблицы:	
- Стоимость сварочного оборудования и техники;	
- Амортизационные отчисления для сварочного оборудования и техники;	
- Затраты на материалы;	
- Фонд оплаты труда;	
- Социальные отчисления;	
- Заключительный анализ методов ремонта магистрального газопровода;	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Шарф Ирина Валерьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохин Евгений Геннадьевич		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В данном разделе произведены расчеты эксплуатационных затрат на сварку трубопровода диаметром 1020 мм с проведением экономического сравнения перспективности ремонта с применением сварки плавящимся электродом в среде защитного газа с традиционной технологией ручной дуговой сварки:

1. по традиционной технологии – ручная дуговая сварка (РДС).
2. по новой экономически – выгодной технологии сварка плавящимся электродом в среде защитного газа (СПЭЗГ).

Эксплуатационные затраты на устранение дефектов состоят из следующих элементов:

1. затраты на сварочное оборудование, материалы и технику;
2. амортизация;
3. затраты на оплату труда;
4. отчисления на соц. нужды;

4.1. Сравнительно-экономический анализ

Сравнительно - экономический анализ указанных процессов рассмотрим на примере наплавки стыкового кольцевого шва в три прохода заполнение разделочных кромок стыкуемых труб. Данная идея исходит из того, что при сварке конкретной конструкции, в частности корневых, заполняющих и облицовочных швов, преимущества процесса СПЭЗГ являются очевидными (см. предыдущие разделы настоящей работы).

Стоимость материалов и оборудования взята по прайс-листам оборудования заводов-изготовителей.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Технологии сварки, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Разраб.		Самохин Е.Г.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веровкин А.В.					75	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

Полная стоимость оборудования и техники для ремонта приведены в табл. 4.1, 4.2 (транспортные расходы составляют 2%, строительно-монтажные 5% от стоимости оборудования).

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Таблица 4.1 – Потребность в оборудовании, необходимого для сварки РДС, равно, как и для СПЭЗГ

Наименование	Марка	Кол.	Цена ед., руб.	Стоимость всего оборудования, руб.	Транспортные расходы, руб.	Стоимость монтажа, руб.	Полная стоимость, руб.
Сварочный агрегат	ДС 400.33М с ПМ 4.33	1	145000	145000	2900	7250	155150
Ручная шлифовальная машина	“Бош”	1	25680	25680	513,6	1284	27477
Центратор внутренний	ЦВ 107	1	621000	621000	12420	31050	664470
Итого:		3					847097

Таблица 4.2 – Потребность в технике, необходимой для проведения процесса сварки РДС, ровно, как и СПЭЗГ

Наименование	Марка	Кол.	Цена ед., руб.	Стоимость всего оборудования, руб.	Транспортные расходы, руб.	Стоимость монтажа, руб.	Полная стоимость, руб.
Бульдозер	ТД-25	1	800000	800000	16000	40000	856000
Автокран	КС3561	1	1228000	1228000	24560	61400	1313960
Трубоукладчик	Камацу С355	2	1170000	2340000	46800	117000	2503800
Бортовая машина	“ЗИЛ” 131	1	900000	900000	18000	45000	963000
Вахтовая машина	Урал “Вахта”	1	1210000	1210000	24200	60500	1294700
Итого:		6					6931460

Стоимость основных и вспомогательных материалов для сварки РДС и СПЭЗГ приведена в табл. 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 – Статья материалы для РДС

Наименование материалов	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
Электроды 3,2 мм, кг	380	130	49400
Электроды 4 мм, кг	1517	54,28	82342,76
Круги шлифовальные, шт.	395	26,6	10507
Итого:			142249,8
Транспортные расходы, 5%			152507, 4
Итого с учетом транспортных расходов:			294757,2

Таблица 4.4 – Статья материалы для СПЭЗГ

Наименование материалов	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
Сварочная проволока, 1,2 мм кг	326	67,52	22032
Сварочная проволока, 2,0 мм кг	1038	64,11	66500
Круги шлифовальные, шт.	132	26,6	3511,2
Углекислый газ, л	1296	60	77760
Итого:			169803,2
Транспортные расходы, 5%			50555,7
Итого с учетом транспортных расходов:			220358,9

4.2. Определение норм времени

Цель технологического нормирования - установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени, необходимого на выполнение заданной работы, т. е. установление технических норм времени и выработки.

4.2.1. Нормирование процесса РДС

Нормирование процесса РДС производим согласно методике предложенной в [97].

Норма времени на сварку определяется по формуле:

$$t_{шк} = [t_{осн} + t_{вш} + t_{ви}] \cdot k_{об} + \frac{t_{нз}}{n}, \quad (4.1)$$

где $t_{осн}$ - основное время на сварку стыка;

$t_{вш}$ - вспомогательное время, связанное со сварным швом, мин;

$t_{ви}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин;

l - длина шва, м;

$k_{об}$ - коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности;

$t_{нз}$ - подготовительно-заключительное время, связанное с выполнением другой операции;

n - размер партии.

Нормы подготовительно-заключительного времени определяются путем фотографирования рабочего дня для электросварщиков. Нормативы подготовительно-заключительного времени приводятся в табл. 4.5.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

Таблица 4.5 – Подготовительно-заключительное время на сварку

Элементы работы	Сложность работы простая
	Время на задание, мин
Получение производственного задания, электродов и инструмента	4
Ознакомление с работой	3
Включение и выключение источника питания	1
Сдача работы	2
Итого	10

Основное время для стационарного процесса РДС на наплавку шва заданной длины определяется по формуле:

$$t_{осн} = \eta \frac{60 \cdot F_n \cdot \gamma \cdot l}{\alpha_n \cdot I_{св}}, \quad (4.2)$$

где η – коэффициент учитывающий повышение основного времени на сварку из-за изменяющегося пространственного положения шва; $\eta = 1,15$.

Таким образом, основное время на РДС корневого шва трубопровода диаметром 1020 мм равно:

$$t_{осн} = 1,15 \cdot \frac{60 \cdot 0,24 \cdot 7,8 \cdot 302,3}{9,5 \cdot 110} \approx 37,3 \text{ мин.},$$

где F_n - площадь наплавленного металла;

γ - плотность наплавленного металла;

α_n - коэффициент наплавки.

При этом основное время на РДС последующего и облицовочного шва трубопровода диаметром 1020 мм равно:

$$t_{осн} = 2 \cdot 1,15 \cdot \frac{60 \cdot 0,48 \cdot 7,8 \cdot 302,3}{9,5 \cdot 160} \approx 102,6 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное время на выполнение РДС одного стыка трубопровода диаметром 1020 мм составляет:

$$\sum t_{оч} = 37,3 + 102,6 \approx 140 \text{ мин.}$$

В группу вспомогательного времени, связанного со сварным швом, входят затраты времени на:

- очистка кромок;
- смена электродов;
- осмотр сварного соединения;
- промер;
- зачистка сварного шва.

Время на смену одного электрода по данным хронометражных наблюдений составляет в среднем 0,11 мин.

Время на смену электродов на один погонный метр шва определяется временем на смену одного электрода и количеством электродов необходимых для осуществления сварки заданной длины и геометрии шва:

$$t_{э} = t_{э,о} \cdot N, \quad (4.3)$$

где $t_{э,о}$ - время на смену одного электрода; $t_{э,о} \approx 0,11$ с.

N - количество электродов, необходимых для сварки. Его можно определить по формуле:

$$N = \frac{G_i}{g \cdot \beta}, \quad (4.4)$$

где g - вес стержня электрода, г; вес одного покрытого электрода диаметром 3 мм определялся взвешиванием и составляет в среднем 35 г, а электрода диаметром 4 мм – 63 г.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

G_i - вес наплавленного металла на один погонный метр шва; т.к. длина наплавляемого валика составляет 3203 мм, то суммарный вес наплавленного металла корневого шва равен: $G_n = 320,3 \cdot 0,24 \cdot 7,8 \approx 600$ г;

β - коэффициент перехода металла электрода в шов; для электродов марки он равен: $\beta = 0,85 \div 0,95$.

Таким образом, время на смену электродов при РДС корневого шва составляет:

$$t_s = 0,11 \cdot \frac{600}{25 \cdot 0,9} \approx 3 \text{ мин.}$$

При этом время на смену электродов при сварке заполняющего и облицовочного шва равно:

$$t_s = 0,11 \cdot \frac{2 \cdot 0,48 \cdot 320,3 \cdot 7,8}{63 \cdot 0,9} \approx 4,7 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное время на смену электродов при сварке стыка трубопровода диаметром 1020 мм составляет:

$$\sum t_s = 3 + 4,7 \approx 7,7 \text{ мин.}$$

Нормы времени на зачистку, и осмотр сварного шва устанавливаются на основе хронометражных наблюдений; такие нормы приводятся в табл.4.6.

Таблица 4.6 – Вспомогательное время на ручную дуговую сварку, связанное со сварным швом

Наименование элементов работы	Время на один погонный метр шва, мин/м
Зачистка кромок трубы диаметром 1020 мм под сварку при толщине металла до 12 мм	0,4
Зачистка шва от шлака	0,6
Зачистка сварного соединения от брызг	1
Время на осмотр шва	0,3
Итого	2,3

С учетом того, что при РДС трубопровода данное время должно быть связано с корневым, заполняющим и облицовочным швами, общая длина которых составляет 320,3 см, то его значение равно:

$$\sum t_{\text{вн}} = 3 \cdot 3,203 \cdot 2,3 \approx 22,1 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, затрачивается на установку, уборку и кантовку свариваемых изделий, клеймение сварного шва и перемещения сварщика. Вследствие затрат времени на перемещение и установку внутреннего центриатора принимаем равным 20 мин.

Коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности, равен: $k_{об} = 1,2$.

Определим норму времени на сварку одного стыкового шва трубопровода диаметром 1020 мм:

$$t_{\text{н}} = [140 + 22,1 + 20] \cdot 1,2 \approx 220 \text{ мин/стык.}$$

Определим количество стыков производимых в две смены одного рабочего дня, с однократными затратами подготовительно-заключительного времени по формуле:

$$n = \frac{2 \cdot t_{\text{см}}}{t_{\text{н}}}, \quad (4.5)$$

где $t_{\text{см}}$ - продолжительность смены; $t_{\text{см}} = 8 \text{ ч} = 480 \text{ мин.}$

Таким образом,

$$n = \frac{2 \cdot 480}{220} \approx 4 \text{ стыка.}$$

Определим норму времени для последующих стыков:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

$$t_{шк} = [140 + 22,1 + 20] \cdot 1,2 + \frac{10}{4} = 221 \text{ мин/стык.}$$

Таким образом, общее суммарное время на весь период ремонтных работ равно:

где количество стыков на ремонтном участке 395 шт.

$$\Sigma_{вр} = \left[\frac{395}{4} \right] \cdot 16 = 1580 \text{ часов} = 99 \text{ дней.}$$

4.2.2. Нормирование процесса СПЭЗГ

Нормирование времени процесса СПЭЗГ производим согласно методике предложенной (97).

Норма времени на сварку определяется по формуле:

$$t_{шк} = [t_{осн} + t_{вш} + t_{ви}] \cdot k_{об} + \frac{t_{нз}}{n}, \quad (4.6)$$

где $t_{осн}$ - основное время на сварку стыка;

$t_{вш}$ - вспомогательное время, связанное со сварным швом, мин;

$t_{ви}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин;

l - длина шва, м;

$k_{об}$ - коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности;

$t_{нз}$ - подготовительно-заключительное время, связанное с выполнением другой операции;

n - размер партии.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Нормы подготовительно-заключительного времени определяются путем фотографирования рабочего дня для электросварщиков. Нормативы подготовительно-заключительного времени приводятся в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Подготовительно-заключительное время на сварку

Элементы работы	Сложность работы простая
	Время на задание, мин
Получение производственного задания, электродов и инструмента	4
Ознакомление с работой	3
Включение и выключение источника питания	1
Сдача работы	2
Итого	10

Основное время для процесса СПЭЗГ на наплавку шва заданной длины определяется по формуле:

$$t_{осн} = \eta \frac{60 \cdot F_n \cdot \gamma \cdot l}{\alpha_n \cdot I_{св}}, \quad (4.7)$$

где η – коэффициент учитывающий повышение основного времени на сварку из-за изменяющегося пространственного положения шва; $\eta = 1,15$.

Таким образом, основное время на СПЭЗГ корневого шва трубопровода диаметром 1020 мм равно:

$$t_{осн} = 1,15 \cdot \frac{60 \cdot 0,3 \cdot 7,8 \cdot 302,3}{12,62 \cdot 125} \approx 30,94 \text{ мин,}$$

Основное время на СПЭЗГ для заполняющего шва трубопровода диаметром 1020 мм равно:

$$t_{осн} = 1,15 \cdot \frac{60 \cdot 0,4 \cdot 7,8 \cdot 302,3}{11 \cdot 260} \approx 22,75 \text{ мин,}$$

Основное время на СПЭЗГ для облицовочного шва трубопровода диаметром 1020 мм равно:

$$t_{осн} = 1,15 \cdot \frac{60 \cdot 0,6 \cdot 7,8 \cdot 302,3}{11 \cdot 260} \approx 34,13 \text{ мин.}$$

Таким образом, суммарное время на выполнение СПЭЗГ одного стыка трубопровода диаметром 1020 мм составляет:

$$\sum t_{осн} = 30,94 + 22,75 + 34,13 \approx 88 \text{ мин.}$$

Поскольку, процесс СПЭЗГ обладает рядом технологических преимуществ, то нормы времени связанные со сварным швом, будут отличаться от установленных для РДС.

Время необходимое на смену электродов и зачистку шва от шлака не требуется.

Нормы времени на промер, и осмотр сварного шва устанавливаются на основе хронометражных наблюдений; данные нормы времени. При этом вследствие того, что при СПЭЗГ брызг почти нет, то время на зачистку сварного соединения от брызг не учитываем.

Таблица 4.7 – Вспомогательное время СПЭЗГ, связанное со сварным швом

Наименование элементов работы	Время на один погонный метр, мин/м.
Зачистка кромок трубы диаметром 1020 мм под сварку при толщине металла 12мм	0,4
Время на осмотр и промер шва	0,3
Итого	0,7

Таким образом, что при СПЭЗГ трубопровода данное время должно быть связано с корневым, заполняющим и облицовочным швами, общая длина которых составляет 320,3 см, то его значение равно:

$$\sum t_{ви} = 3 \cdot 3,203 \cdot 0,7 \approx 6,7 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, равно как и для РДС принимаем равным 20 мин.

Коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности, равен: $k_{об} = 1,2$.

Определим норму времени на сварку одного стыкового шва трубопровода диаметром 1020 мм:

$$t_{и} = [88 + 6,7 + 20] \cdot 1,2 \approx 137 \text{ мин/стык.}$$

Определим количество стыков производимых в две смены одного рабочего дня, с однократными затратами подготовительно-заключительного времени по формуле:

$$n = \frac{2 \cdot t_{см}}{t_{и}}, \quad (4.8)$$

где $t_{см}$ - продолжительность смены; $t_{см} = 8 \text{ ч} = 480 \text{ мин.}$

Таким образом,

$$n = \frac{2 \cdot 480}{137} \approx 7 \text{ стыков.}$$

Определим норму времени для последующих стыков:

$$t_{и\kappa} = [88 + 6,7 + 20] \cdot 1,2 + \frac{10}{7} = 139 \text{ мин/стык.}$$

Таким образом, общее суммарное время на весь период ремонтных работ равно:

где количество стыков на ремонтном участке 395 шт.

$$\Sigma \text{вр} = \left[\frac{395}{7} \right] \cdot 16 = 912 \text{ часов} = 57 \text{ дней.}$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

4.3. Расчет затрат на амортизационные отчисления при РДС

С учетом периода ремонтных работ, продолжительностью 99 дней, производим расчет амортизационных отчислений сварочного оборудования и техники используемого при РДС, результаты заносим в табл. 4.8, 4.9.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Таблица 4.8 – Расчет амортизационных отчислений сварочного оборудования для РДС

Наименование	Марка	Кол	Полная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.	Сумма амортизации на период работ, руб.
Сварочный агрегат	ДС 400.33М с ПМ 4.33	1	155150	10	15515	5930,44
Ручная шлифовальная машина	“Бош”	1	27477	10	2747,76	1050,30
Центратор внутренний	ЦВ 107	1	664470	10	66447	25398,66
Итого:		3	847097		84709,76	32379,40

Таблица 4.9. Расчет амортизационных отчислений, используемой техники для РДС

Наименование	Марка	Кол	Полная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.	Сумма амортизации на период работ, руб.
Бульдозер	ТД-25	1	856000	20	171200	65439,38
Автокран	КС3561	1	1313960	20	262792	100449,45
Трубоукладчик	Камацу С355	2	2503800	20	500760	191410,19
Бортовая машина	“ЗИЛ” 131	1	963000	20	192600	73619,31
Вахтовая машина	Урал “Вахта”	1	1294700	20	258940	98977,07
Итого:		6	6931460		1386292	529895,4

Далее определяем машино-часы, отработанные оборудованием на объекте по формуле:

$$M_{об} = D \times C \times K, \quad (4.9)$$

где D – продолжительность периода, дни;

C – время смены, часы;

K – количество машин.

Амортизация за отработанный период:

$$A_{об} = \frac{A_{год}}{M_{год}} \times M_{об}, \quad (4.10)$$

где $A_{год}$ – амортизационные отчисления за период, руб.;

$M_{год}$ – машино-часы отработанные оборудованием за год;

$M_{об}$ – машино-часы отработанные оборудованием за время ремонта.

Для РДС

$$M_{об} = 99 \cdot 8 \cdot 9 = 7128 \text{ маш.-час.}$$

Количество машино-часов работы за год составит:

$$M_{год} = 259 \cdot 8 \cdot 9 = 18648 \text{ маш.-час.}$$

$$A_{об} = (84709,76 + 1386292) / 18648 \cdot 7128 = 562274,8 \text{ руб.}$$

4.4. Расчет затрат на амортизационные отчисления при СПЭЗГ

С учетом периода ремонтных работ, продолжительностью 57 дней, производим расчет амортизационных отчислений сварочного оборудования и техники используемого при РДС, результаты заносим в табл. 4.10, 4.11.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

Таблица 4.10. Расчет амортизационных отчислений сварочного оборудования для СПЭЗГ

Наименование	Марка	Кол	Полная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.	Сумма амортизации на период работ, руб.
Сварочный агрегат	ДС 400.33М с ПМ 4.33	1	155150	10	15515	3414,50
Ручная шлифовальная машина	“Бош”	1	27477	10	2747,76	604,72
Центратор внутренний	ЦВ 107	1	664470	10	66447	14623,47
Итого:		3	847097		84709,76	18642,69

Таблица 4.11. Расчет амортизационных отчислений, используемой техники для СПЭЗГ

Наименование	Марка	Кол	Полная стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб.	Сумма амортизации на период работ, руб.
Бульдозер	ТД-25	1	856000	20	171200	37677,22
Автокран	КС3561	1	1313960	20	262792	57834,53
Трубоукладчик	Камацу С355	2	2503800	20	500760	110205,87
Бортовая машина	“ЗИЛ” 131	1	963000	20	192600	42386,87
Вахтовая машина	Урал “Вахта”	1	1294700	20	258940	56986,80
Итого:		6	6931460		1386292	305091,29

Далее определяем машино-часы, отработанные оборудованием на объекте для СПЭЗГ:

$$M_{об} = 57 * 8 * 9 = 4104 \text{ маш.-час.}$$

Количество машино-часов работы за год составит:

$$M_{год} = 259 * 8 * 9 = 18648 \text{ маш.-час.}$$

$$A_{об} = (84709,76 + 1386292) / 18648 * 4104 = 323733,98 \text{ руб.}$$

4.5. Расчет затрат на оплату труда

Далее определим затраты на оплату труда работников за период ремонта. Расчеты фонда оплаты труда работников сведены в табл. 4.12, 4.13.

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда;
- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

4.6. Расчет затрат на страховые взносы

Зная общий фонд заработной платы, при различных методах сварки, рассчитаем величину страховых взносов во внебюджетные фонды.

Расчеты страховых взносов сведены в табл. 4.14 и 4.15.

Таблица 4.14. Страховые взносы во внебюджетные фонды при РДС

Фонд	Размер взноса от заработной платы, %	Сумма, руб
Пенсионный фонд	22	943188,4
Фонд медицинского страхования	5,1	218648,2
Фонд социального страхования	2,9	124329,3
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 8)	0,9	38584,9
<i>Итого (K_{соц})</i>		1324750,9

Таблица 4.15. Страховые взносы во внебюджетные фонды при СПЭЗГ

Фонд	Размер взноса от заработной платы, %	Сумма, руб
Пенсионный фонд	22	543228,8
Фонд медицинского страхования	5,1	125930,3
Фонд социального страхования	2,9	71607,4
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 8)	0,9	22222,9
<i>Итого (K_{соц})</i>		762989,5

Отчисление на страховые взносы для РДС = **1324750,9** руб.

Отчисление на страховые взносы для СПЭЗГ = **762989,5** руб.

4.7. Заключительный анализ методов ремонта магистрального газопровода

Заключительный сравнительный анализ методов ремонта представлен в таблице 4.16.

Таблица 4.16. Смета затрат на ремонт магистрального газопровода

№	Наименование статей	РДС	СПЭЗГ
		руб.	руб.
1	Материальные затраты	294757,2	220358,9
2	Амортизация	562274,8	323733,9
3	Оплата труда	4287220	2469222
4	Отчисления на страх. взносы	1324750,9	762989,5
5	Накладные расходы 16%	1035040,5	604208,7
	Всего затрат:	7504043,4	4380513

Итог:

Затраты на ремонт для РДС = 7504043,4 руб.

Затраты на ремонт для СПЭЗГ = 4380513 руб.

Дополнительная прибыль валовая составит: $P_B = 7504043,4 - 4380513 = 3123530,4$ руб.

Вывод

В результате произведенных расчетов эксплуатационных затрат на сварку трубопровода диаметром 1020 мм с проведением экономического сравнения перспективности ремонта, было установлено, что использование технологии сварки покрытыми электродами в среде защитных газов (СПЭЗГ) экономически эффективнее, чем использование ручной дуговой сварки (РДС). Экономическая выгода использования СПЭЗГ составит **3123530,4** руб.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СВАРОЧНО-
МОНТАЖНЫХ РАБОТ НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ4Б	Самохину Евгению Геннадьевичу

Институт	Кафедра	
Уровень образования	магистр	Направление/специальность
		21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	<i>Рабочим местом является участок магистрального газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», диаметром 1220 мм, расположенный в северной части острова Сахалин Ногликского городского округа</i>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<i>Проведение сварочно-монтажных работ на магистральном газопроводе связано с дополнительным воздействием целой группы вредных факторов, что существенно снижает производительность труда. К таким факторам можно отнести:</i>
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<i>1. Превышение уровней шума; 2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 3. Превышение уровней вибрации</i>
1.2. Анализ выявленных опасных факторов	<i>Опасные факторы: 1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; 2. Электрический ток; 3. Электрическая дуга и металлические искры при сварке; 4. Пожароопасность</i> <i>Примечание: Пожароопасность описана в 5.4 как ЧС</i>
2. Экологическая безопасность	<i>При проведении сварочно-монтажных работ и последующей эксплуатации магистрального газопровода, будет оказываться негативное воздействие на окружающую среду. 1. Охрана земельных ресурсов;</i>

	<p>2. Охрана лесных ресурсов;</p> <p>3. Охрана воздушного бассейна;</p> <p>4. Охрана животного мира</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<p>В районе проведения сварочно-монтажных работ возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций:</p> <p>– техногенного характера (взрыв газовых баллонов и возникновение пожара);</p> <p>Пожарная и взрывная безопасность</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>Обязанности работодателя перед работником</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	Кандидат геолого-минералогических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохин Евгений Геннадьевич		

Глава 5. Социальная ответственность при проведении сварочно-монтажных работ на магистральном газопроводе

Для эффективного и безопасного проведения сварочно-монтажных работ на магистральном газопроводе, необходимо реализовывать на практике принципы социальной ответственности.

Ответственность – субъективная обязанность руководителя организаций (компаний, корпораций, бизнеса) отвечать за поступки и действия, а также их последствия [11]. По субъекту ответственность делят на индивидуальную и коллективную, по виду на юридическую, моральную, материальную, уголовную, финансовую, родительскую, перед самим собой, общественную ответственность и т.д. Социальная или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров.

Сварочно-монтажные работы проводятся на открытом воздухе круглосуточно, с выездом на магистральный газопровод «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», расположенный на территории Крайнего Севера, острова Сахалин.

При проведении сварочно-монтажных работ (подготовка геометрии кромок труб, газовая резка, сварка, шлифовка и т.д.) на магистральном газопроводе присутствуют опасные и вредные производственные факторы (таблица 5.1), которые могут привести к ухудшению состояния здоровья или смерти рабочих, поэтому необходимо предусматривать мероприятия для защиты от них.

					Технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Самохин Е.Г.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веревкин А.В.					100	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении сварочно-монтажных работ на участке магистрального газопровода «Сахалин-Хабаровск-Владивосток», расположенного на Севере острова Сахалин

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1. Разделка кромки труб; 2. Газовая резка; 3. Процесс сварки; 4. Контроль качества сварного шва; 5. Шлифовка; 6. Нанесение изоляционного покрытия	1. Превышение уровня шумов; 2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 3. Превышение уровней вибрации	1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; 2. Электрический ток и электрическая дуга; 3. Пожароопасность.	ГОСТ 12.1.003-83 [2] ГОСТ 12.1.004-91 [3] ГОСТ 12.3.003-86 [4] ГОСТ 12.3.004-75 [5] ГОСТ 12.3.032-84 [6]
<i>Примечание: Пожароопасность описана в п.5.3</i>			

5.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредными производственными факторами называются факторы, отрицательно влияющие на работоспособность или вызывающие профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия [11].

1. Превышение уровней шума

Источники интенсивного шума и вибрации – машины и механизмы с неуравновешенными вращающимися массами, а также технологические установки и аппараты (камеры пуска и приема очистных устройств, крановые узлы), в которых движение газов и жидкостей происходит с большими скоростями и имеет пульсирующий характер.

Действие шума на человека определяется влиянием на слуховой аппарат и многие другие органы, в том числе и на нервную систему.

Основные нормированные параметры для широкополосного шума приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Воздействие шума на человека (ГОСТ 12.1.003-83)[4]

Уровень шума, дБ	Последствия
30-55	Не вызывает беспокойства
60-85	Нагрузка на центральную нервную систему (при длительном воздействии возникает невроз)
90-120	Тугоухость
125-150	Болевой порог, разрыв барабанной перепонки
<i>Примечание: Нагрузка на орган слуха свыше 160 дБ приводит к летальному исходу</i>	

Длительное действие шума > 85 дБ в соответствии с нормативными документами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, приводит к постоянному повышению порога слуха, к повышению кровяного давления.

Основные методы борьбы с шумом:

- снижение шума в источнике (применение звукоизолирующих средств);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;
- соблюдение режима труда и отдыха;
- использование средств автоматики для управления технологическими процессами.

2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Климат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления.

Выполнение сварочно-монтажных работ производится на открытых площадках, в северной части о. Сахалин, вблизи поселка Вал, Ноглинского района. Обслуживающему персоналу приходится работать в сложных

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

климатических условиях при воздействии солнечных лучей, сильном ветре, при атмосферных осадках, в условиях низких и высоких температур от минус 30°С до плюс 40°С.

Профилактика перегревания осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени. От перегрева головного мозга предусматривают головные уборы, для защиты работников от гнуса и клещей используются костюмы «инцефалитки», а также спреи и крема специального назначения.

Для защиты от излишней влаги применяются водозащитные комбинезоны. Работающие на открытой территории в зимний период года должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами.

При определенной температуре воздуха и скорости ветра работы приостанавливаются (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Работы на открытом воздухе приостанавливаются работодателями при следующих погодных условиях [11]:

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	-40
Не более 5,0	-35
5,1-10,0	-25
10,0-15	-15
15,1-20,0	-5
Более 20,0	0

3. Превышение уровней вибрации

При ремонте трубопроводов приходится зачищать кромки труб и части муфт под сварку. Эту работу выполняют электрошлифовальной машиной. При шлифовке через руки человека передается вибрация (локальная вибрация), вызывающая в организме человека реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов. Вредные действия вибрации выражаются в виде повышенного утомления, головной боли, боли в суставах, повышенной раздражительности, некоторого нарушения координации

движения. Наиболее вредное влияние на организм человека оказывает вибрация, частота которой совпадает с частотой собственных колебаний отдельных органов, примерные значения которых указаны в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Частота вибрации внутренних органов
(ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ) [6]

Внутренние органы человека	Частота вибрации, Гц
Желудок	2...3
Почки	6...8
Сердце	4...6
Кишечник	2...4
Вестибулярный аппарат	0,5

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах – это установление допустимых значений характеристик вибрации, которые при ежедневном систематическом воздействии в течение всего рабочего дня и в течение многих лет не могут вызвать существенных заболеваний организма человека и не мешают его нормальной трудовой деятельности.

В таблице 5.5 показано, сколько времени за смену можно находиться на рабочем месте при предельно допустимом уровне вибрации.

Таблица 5.5 – Допустимый суммарный показатель времени действия локальной вибрации в зависимости от превышения ее предельно допустимого уровня (ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ) [6]

Превышение предельно допустимого уровня вибрации, дБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Допустимо суммарное время действия вибрации за смену, мин	384	302	240	191	151	120	95	76	60	48	38	30

Мероприятия по безопасной работе с инструментами вызывающими вибрации, следует проводить согласно ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ [6]. При работе с электрошлифовальной машиной следует применять индивидуальные средства защиты рук от воздействия вибрации. Такие изделия как рукавицы или перчатки, а также виброзащитные прокладки, которыми снабжены крепления к ручке шлифовальной машины.

5.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека [11].

1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

При сварке труб возможность получения механических травм очень высока. Повреждения могут быть разной тяжести вплоть до летального исхода, так как работа ведется с объектами большого веса. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

Мероприятия по обеспечению охраны труда, техники безопасности при проведении подготовительных и основных работ – организационные и технические меры по обеспечению безопасности, осуществляемые при подготовке объекта к проведению работ, применяемые средства коллективной и индивидуальной защиты, режим проведения работ, работы по оборудованию мест отдыха, приема пищи и санитарно – гигиенических норм.

До начала работ необходимо [27]:

- оформить наряд – допуск на проведение газоопасных, огневых работ и работ повышенной опасности.
- провести внеочередной инструктаж всем членам бригады по безопасным методам и приёмам ведения газоопасных, огневых работ и работ повышенной опасности, а также по правилам поведения во взрыво-

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

и пожароопасной обстановке и других опасных условиях и обстоятельствах с росписью в Журнале инструктажей на рабочем месте и наряде-допуске. Ознакомить всех руководителей, специалистов, механизаторов и бригадиров с данным Планом производства работ до начала работ, выборочно опросить персонал по усвоению требований безопасности отраженных в разделе;

- после доставки и расстановки всё электрооборудование, жилые вагоны, электрические аппараты следует заземлить;
- проверить взрывозащиту и изоляцию применяемого оборудования.
- На весь период работ необходимо проверить наличие спецодежды, спецобуви и СИЗ у исполнителей по видам работ (костюм х/б, костюм сварщика, противогаз шланговый, защитная каска и т.д.).

2. Электрический ток и электрическая дуга

Во время процесса сварки существует несколько опасных факторов воздействий на сварщика: поражение электрическим током при прикосновении человека к токовыводящим частям электрической цепи; поражение лучами электрической дуги глаз и открытой поверхности кожи; ожоги от капель брызг металла и шлака при сварке; взрыва в результате проведения сварки вблизи легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ; травмы различного рода механического характера при подготовке трубопровода к сварке и в процессе сварки.

Для предохранения от брызг расплавленного металла и излучения сварочной дуги, сварщик должен носить положенную спецодежду и спецобувь, а глаза и лицо закрывать специальной маской или щитком со светофильтром.

Электросварщику следует работать на резиновом коврикe, пользоваться диэлектрическими перчатками.

Рабочие места должны быть снабжены индивидуальными аптечками и индивидуальными средствами пожаротушения.

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

Для тушения электрооборудования должны быть применены углекислотные огнетушители.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТ 12.1.038-82 (таблица 5.6) [5].

Таблица 5.6 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки [5]

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 В	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 5.4 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц [5]

Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина		Продолжительность воздействия t , с	Нормируемая величина	
	U , В	I , мА		U , В	I , мА
От 0,01 до 0,08	220	220	0,6	40	40
0,1	200	200	0,7	35	35
0,2	100	100	0,8	30	30
0,3	70	70	0,9	27	27
0,4	55	55	1,0	25	25
0,5	50	50	Св. 1,0	12	2

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях [5]:

- при прикосновении человеком, неизолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпусе;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежат занулению отдельной жилой кабеля с сечением

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

жилы не менее сечения рабочих жил или заземляющий провод диаметром 16 см².

Корпуса, а также все открытые проводящие части применяемого передвижного электрооборудования должны быть защищены от косвенного прикосновения и т.д. путем заземления с помощью переносных заземлителей.

Для защиты персонала от поражения электрическим током при косвенном прикосновении передвижное электрооборудование должно быть оборудовано устройством защитного отключения (УЗО).

Защита от электрического тока делится на два типа:

- 1) коллективная;
- 2) индивидуальная.

С целью предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током широко используются плакаты и знаки безопасности.

Электрический ток оказывает следующие воздействия на человека [5]:

- термическое;
- электрическое;
- биологическое.

Мероприятия по созданию безопасных условий:

- инструктаж персонала;
- аттестация оборудования;
- соблюдение правил безопасности и требований при работе с электротехникой.

5.3. Экологическая безопасность

Мероприятия по охране и рациональному использованию земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, по сохранению в чистоте воздуха и воды, обеспечению воспроизводства природных богатств и улучшению окружающей человека среды в годовых планах предприятия группируются по разделам: охрана и использование водных ресурсов, охрана

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108

воздушного бассейна, охрана и рациональное использование земель, охрана и использование минеральных ресурсов.

В сварочном производстве на многих предприятиях применяют систему оборотного водоснабжения, воду, используемую для охлаждения сварочного оборудования, многократно используют после ее естественного охлаждения.

Охрана воздушного бассейна предусматривает мероприятия по обезвреживанию вредных для человека и окружающей среды веществ, выбрасываемых с отходящими газами: сооружение очистных установок в виде мокрых и сухих пылеуловителей для химической и электрической очистки газов, а так же для улавливания ценных веществ, утилизации отходов и др. Например, из отходящих продуктов сгорания производят сжиженный углекислый газ для сварочных и других целей.

Деятельность предприятия не должна нарушать нормальных условий работы других предприятий и организаций, ухудшать бытовые условия населения. С этой целью в годовых планах предусматриваются также меры борьбы с производственными шумами, вибрациями, воздействиями электрических и магнитных полей. Шум, создаваемый сварочным оборудованием, должен быть минимальным.

Источники питания сварочной дуги, а так же ряд электрических устройств, применяемый в сварочных автоматах и полуавтоматах, создают помехи радио- и телеприему. С целью устранения этого явления во всех типах сварочного оборудования, создающего такие помехи, устанавливают помехозащитные устройства [24].

В таблице 5.5 показано, как влияет эксплуатация магистрального газопровода на окружающую среду, и какие меры необходимо принимать по предотвращению вредных воздействий.

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

Таблица 5.5 – Влияние эксплуатации газопровода на окружающую среду

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение газоконденсатом при приеме очистных устройств	Перекапывание и засыпка песком земли
	Засорение почвы производственными отходами (метанол и др)	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности	Засыпка выемок, горных выработок
Лес и лесные ресурсы	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Вырубка деревьев под охранную зону газопровода	Посадка кустарников и травяных растений
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора
	Механическое и химическое загрязнение водотоков в результате сталкивания отвалов, нарушение циркуляции водотоков отвалами, траншеями и др.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т. д.
Воздушный бассейн	Стравливание попутного газа в атмосферу	Использовать попутный газ в качестве СПГ
Животный мир	Распугивание, нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ, с учетом охраны животных

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

1. Пожароопасность

Причиной пожара, как правило, становится несоблюдение мер пожарной безопасности на месте проведения работ (курение в зоне проведения работ, отсутствие устройств защитного отключения на переносных электроприборах, короткое замыкание и т. д.). Помимо этого, причиной пожара может стать природный фактор, например, удар молнии.

К профилактическим мероприятиям по предотвращению возникновения пожара могут быть [24]:

- вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления;
- приказом должен быть установлен соответствующий противопожарный режим;
- машины, сварочные аппараты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10;
- на рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”;
- горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

2. Безопасность в ЧС

При обеспечении пожарной безопасности работ по сварке труб следует руководствоваться ПИБ 01-03 [16], РД-13.220.00-КТН-367-06 [17], ВППБ 01-04-98 [24] и другими утвержденными в установленном порядке региональными СНиП, НД, регламентирующими требования пожарной безопасности.

Места, где проводятся сварочные работы, должны быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения [24]:

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

- асбестовое полотно размеров 2×2 м – 2 шт.;
- огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные;
- ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);
- лопаты – 2 шт.;
- ведра – 2 шт.;
- топор, лом – по 1 шт.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Машины, сварочные аппараты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны оснащаться не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10.

Приказом устанавливается соответствующий противопожарный режим, в котором должны быть установлены:

- порядок утилизации горючих отходов, места хранения промасленной спецодежды;
- порядок отключения от питания электрооборудования в случае пожара;
- последовательность проведения огневых и пожароопасных работ, действия и обязанности работников при возникновении пожара;
- порядок и сроки прохождения внеочередного противопожарного инструктажа, время проведения занятий по подготовке к борьбе с пожаром, а также назначены ответственные за их проведение.

Руководитель работ должен совместно с работниками пожарной охраны определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

					Социальная ответственность	Лист.
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Горючие отходы, мусор и т. д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неустановленными показателями их пожаровзрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

Спецодежда лиц, работающих с маслами, лаками, красками должна храниться в подвешенном виде в металлических шкафах, установленных в специально отведенных для этой цели местах.

При работе категорически запрещается курить на рабочем месте.

На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения (УЗО).

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью свыше 10 м/с [30].

Запрещается проведение сварочно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в грозу.

При транспортировании газовых баллонов на них должны быть накручены колпаки; кроме того, на баллонах с горючими газами на боковом штуцере должны быть установлены заглушки.

Совместная транспортировка кислородных баллонов и баллонов с горючими газами не допускается. В исключительных случаях допускается одновременная транспортировка не более 10 баллонов с кислородом и горючими газами (суммарно).

					Социальная ответственность	Лист.
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Запрещается нахождение людей в кузове автомашины при транспортировании баллонов.

Баллоны должны подвергаться техническому освидетельствованию. На горловине баллона должна быть выбита дата следующего освидетельствования. Использование баллонов с истекшим сроком освидетельствования не допускается. Также запрещается производить подогрев баллонов с целью повышения давления в них.

Расстояние от баллонов до источников открытого огня должно составлять не менее 5 м.

Баллоны должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

Редукторы, используемые для снижения давления, должны быть окрашены в тот же цвет, что и баллон. Пользоваться редукторами, имеющими неисправные или с истекшим сроком поверки манометры – запрещается.

5.5 Законодательное регулирование проектных решений

Работодатель обязуется: обеспечивать здоровые и безопасные условия труда работников на основе комплекса социально-трудовых, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий в соответствии с государственными нормативными требованиями охраны труда, промышленной безопасности и договором. Так же проводить аттестацию рабочих мест по условиям труда в соответствии с законодательством и локальными нормативными актами ОАО «Газпром» и Общества.

Если выявлены отклонения от гигиенических норм и требований охраны труда, то работодатель должен устранить проблемы. До устранения вредных и опасных факторов устанавливать работникам, занятым на этих работах, льготы и компенсации, предусмотренные законодательством.

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

Так же работодатель должен обеспечить своевременную бесплатную выдачу и хранение специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ), а также смывающих и (или) обезвреживающих средств в соответствии с типовыми нормами бесплатной выдачи (далее – типовые нормы) работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением.

Осуществлять добровольное страхование работников от несчастных случаев на производстве в соответствии с действующим в ОАО «Газпром» Положением о добровольном страховании работников от несчастных случаев.

Работодатель должен бесплатно выдавать молоко, фруктовый сок с мякотью в дни их фактической занятости на работах с вредными условиями труда, подтвержденных результатами аттестации рабочих мест, согласно установленным законодательством нормам.

Если работодатель не может обеспечить бесплатную выдачу молока или фруктового сока с мякотью, то по письменному заявлению работника данная выдача должна быть заменена компенсационной выплатой в размере, эквивалентном стоимости молока или фруктового сока с мякотью. Организовать Работникам питьевой режим в соответствии с законодательством в помещениях, отвечающих установленным санитарно-гигиеническими требованиям.

Работодатель и профсоюзная организация Общества в лице ее выборных органов обязуются: Проводить Спартакиаду лично-командные соревнования среди филиалов Общества: по футболу, волейболу, баскетболу, шахматам, шашкам, настольному теннису, полиатлону, игре «Дартс», бильярду, плаванию, гиревому спорту, лыжным гонкам [17].

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

Проводить оздоровительные мероприятия с Работниками Общества и членами их семей. Организовывать в летний период для учащихся ДЮСШ спортивно-оздоровительный лагерь.

За счет средств Общества производить оплату транспорта для поездок участников художественной самодеятельности к месту выступлений, коллективов физкультурников для участия в соревнованиях, Работников Общества для выезда на базы отдыха по месту расположения филиалов и другие мероприятия (сбор грибов и ягод, рыбалка);

Работников Общества, привлекаемых к участию в смотрах, конкурсах, соревнованиях: Общества, городского, окружного, областного, отраслевого, корпоративного, российского и международного масштаба освобождать на период проведения указанных мероприятий от основной работы с сохранением среднего заработка [17].

					Социальная ответственность	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

Заключение

Сварка магистральных газопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера, это сложный высокотехнологичный процесс. Влияние отрицательных температур, существенно снижает механические свойства сварных соединений. На основании этого, в выпускной квалификационной работе, был проведен анализ существующих технологий, а так же предложены рекомендуемые параметры сварки, использование которых позволяет избегать появления дефектов в сварных швах.

Особенностью сварки в условиях Крайнего Севера является предварительный и сопутствующий подогрев кромок труб.

На основании проведенного анализа микроструктуры полученных сварных соединений, газопроводов категории прочности X80, следует отметить, что температура предварительного и сопутствующего подогрева, а также скорость охлаждения металла сварочной ванны, являются определяющими критериями, значения которых напрямую влияют на свойства получаемых соединений. В работе было установлено, что для обеспечения требуемых механических свойств сварных швов, соответствующим нормативным требованиям, необходимо, во время процесса сварки сохранять температуру подогрева в диапазоне 150-250 °С, а скорость охлаждения в пределах 15-40 °С/с.

Результатом проделанного расчета являются параметры автоматической сварки, которые полностью удовлетворяют рекомендованным параметрам сварки магистральных газопроводов, описанных в нормативных документах ПАО «Газпром».

В результате произведенных расчетов эксплуатационных затрат на сварку 395стыков трубопровода диаметром 1020 мм с проведением экономического сравнения перспективности ремонта, было установлено, что

					Технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Изм..	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Самохин Е.Г.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веревкин А.В.					117	122
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

использование технологии автоматической сварки покрытыми электродами в среде защитных газов (СПЭЗГ) экономически эффективнее, чем использование ручной дуговой сварки (РДС). Экономическая выгода использования СПЭЗГ составит **3123530,4** руб.

					Заключение	Лист.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

Список публикаций

1. Самохин Е.Г. «Анализ автоматических методов сварки, применяемых для сварки неповоротных стыков магистральных нефтегазопроводов». Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во ТПУ, 2014.
2. Самохин Е.Г. «Полимерные эластичные резервуары». Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во ТПУ, 2014.
3. Се М.К., Самохин Е.Г. «Эластичные вакуумные вкладыши ЭЛВР для наземных вертикальных стальных резервуаров и подземных горизонтальных резервуаров на АЗС». Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во ТПУ, 2014.
4. Самохин Е. Г., Белых И. С., Бурков П. В., Буркова С. П. «Компьютерное моделирование прочностных характеристик полиэтиленовых газопроводов с учетом образования трещины», научно-технический журнал «Известия Уральского государственного горного университета», 2014г.

					Технологии сварки магистральных трубопроводов, применяемые в условиях Крайнего Севера			
Изм..	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Самохин Е.Г.			Список публикаций	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Веровкин А.В.				119	122	
Конс.						НИТПУ, ИПР, ТХНГ, группа 2БМ4Б		
Н. Контр.								
Утверд.		Рудаченко А.В.						

Список использованных источников

1. Ананенков А.Г. Ресурсная база – Основа долгосрочного развития газовой промышленности России - М.: Газовая промышленность, 2006, №1.
2. ГОСТ 12.0.003–74.(с изм. 1999 г.) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность.
4. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум». Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность труда. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
6. ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ «Вибрационная безопасность» общие требования.
7. ГОСТ 12.3.003-86 Работы электросварочные, требования безопасности.
8. ГОСТ 12.3.004-75 ССБТ. Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 12.3.032-84* «ССБТ. Работы электромонтажные. Общие требования безопасности».
10. ГОСТ 23870 «Свариваемость сталей. Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл».
11. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартиформ, 2014. – 23 с.
12. ГОСТ 2601 «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий»
13. ГОСТ 26389 «Сварные соединения Методы испытаний на сопротивляемость образованию горячих трещин при сварке плавлением.
14. ГОСТ 6996 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств».
15. Ефименко Л.А., Елагина О.Ю., Вышемирский Э.Л.Макаров, Л.В.Коновалов Расчет параметров сварки кольцевых стыков газопроводов из высокопрочной стали Х80 - Сварочное производство, 2009 г.

					Список использованных источников	Лист.
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

16. Ефименко Л.Л., Елагина О.Ю., Капустин О.В., Вышемирский Е.М. Исследование свариваемости высокопрочных трубных сталей категории прочности Х80 – Сварочное производство, 2009 г.

17. Законодательное регулирование проектных решений [Электронный ресурс]: <http://tomsk-tr.gazprom.ru>.

18. Зорин Е.Е. Сварка. Введение в специальность / Зорин Е.Е., Худолий Н.Г. - М.: Недра-бизнес, 2004. - 232 с.

19. Кальнер В. Д., Шор Ф.И. Переводные таблицы твердости //Материаловедение и термическая обработка. - 1977. - №9. - С. 59-61.

20. Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. - М.: Машиностроение, 1989. - 191 с.

21. Материалы для автоматической сварки / п/р Кершенбаума ВЛ, Стеклова О.И. - М.: Технонсфтегаз, 2001. - 382 с.

22. Меньков В.А. Сеть технологической связи ОАО «Газпром»: реализованные и перспективные проекты - М.:Газовая промышленность, 2006, №9, С.42-45.

23. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом - М., Машиностроение, 1974. - 238 с.

24. «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности» ВППБ 01-04-98.

25. Правила пожарной безопасности Российской Федерации ППБ 01-03.

26. Сажаев А.А. Разработка экспериментально-расчетной методики оценки структуры и свойств ЗТВ многослойных сварных соединений конструкционных легированных сталей: дисс. ... канд. техн, наук: 05.03.06.- М.: МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2000. - 133 с.

27. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Стандарт организации. Правила эксплуатации магистральных газопроводов.

28. Тезисы доклада Сборник трудов ВНИИГАЗ

29. Теория сварочных процессов п/р В.М. Неровного - М.:Из-во МГТУ, 2007,752 с

					Список использованных источников	Лист.
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

30. ТОИ Р-07-29-2000, Типовая инструкция по охране труда при выполнении электросварочных работ;

31. Толстолистовая сталь для газопроводных труб категории прочности X80//Белый А.И., Матросов Ю.И., Ганошенко И.В. и др-*W* Сталь, 2006, №5, с. 106-110.

32. Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве МГ «Сила Сибири», в том числе при пересечении зон активных разломов.

33. Электроды для ручной дуговой сварки. Международный справочник транслятор / под ред Кершенбаума В.Я, Стеклова О.И. - М.: Технонефтегаз, 2000,. – 525 с.

34. Microstructure and mechanical properties of API-X80 gradeC_Mn_Nb-V-Mo linepipe steel// Yoo J.-Y., Ahn S.-S., Choo W.-Y. - Proc. of the Intern. Pipeline Technology Conf., 2004, Vol.4, P.1089-1098.

					Список использованных источников	Лист.
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ВКР,
ВЫПОЛНЕННОГО НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ**

Приложение А

Раздел:
Pulsed Long Arc Welding

Студенту:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохину Евгению Геннадьевичу		

Институт	ИПР	Кафедра	ТХНГ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Надежность газонефтепроводов и хранилищ

ЗАДАНИЕ:

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1 General information about the pulse welding2 Characteristic features of the welding process3 Equipment used in the pulse welding process4 Controlling parameters5 Formation of conclusions
---	--

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

Задание выдали консультанты:

Консультант кафедры _____ ТХНГ ИПР _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТХНГ	Веровкин А.В.	к.т.н., доцент		

Консультант – лингвист кафедры _____ ИяПР ИПР _____:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Швагрукова Е.В.	к.ф.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ4Б	Самохин Е. Г.		

Pulsed Long Arc Welding

1. Introduction

At present welding is one of key procedures to manufacture permanent joints in mechanical engineering and in other branches of industry. Mechanized and automatic consumable electrode arc welding is the most widely used in industries over the world. Thicknesses to be welded are diverse, varying from millimeter shares to dozens centimeters. It is not difficult to weld 2 to 4 mm thicknesses. Thinner metal is welded if heat input is reduced. To achieve guaranteed root penetration const

ructions containing metal sheets over 4 mm are welded with edge preparation. As the consequence, manufacturing process gets more labor-intensive, and more welding materials and electric energy are consumed. Hence, the cost price of a product increases.

Various models of welding equipment are currently available on the market. It should be noted that over the last 5 years nearly all producers have expanded the range of manufactured equipment by appliances for impulse welding. Further development of digital technology and use of invertors support production of new appliances and discovery of new welding techniques: FastMigPulse, DeepARC, ForceArc, SpeedArcTandemControlSystem-KempArcPulse TCS, CMT; Interpulse, SpeedUp, SpeedPulse, SpeedRoot, TwinPulsing, Speed-TwinPulseThermalPulse, SynergicPulseWelding, PulseMigTwinPulse, SynergicPulse MIG welding. However, a great number of processes, their various designations and general insufficient information on their practical application, hardly help to realize the nature of these processes, in particular, modes of welding developed by different manufacturers of welding equipment.

Up to date modes of impulse control over gas-shielded welding can be divided in the following way:

- pulsed shielding gas feed welding;
- pulsed electrode wire feed welding;

- pulsed current and voltage welding;
- welding, which involves above mentioned modes (for instance, combining impulse and pulsed electrode wire feed welding).

The author supposes pulsed current and voltage welding can be further classified according to the type of electrode metal transfer:

- with short circuits (“short arc”, “forced short circuits”, “stimulated short circuits”);
- without short circuits (“long arc”);
- alternate mode involving periods with and without short circuits.

2. Methods of pulsed arc welding

At present, mechanisms of melting and electrode metal transfer are in focus of researchers [14-16]. It is a vital task to develop efficient welding modes and appliances for their implementation. Impulse active gas welding is distinguished by combination of melting process and electrode metal transfer. The paper deals with the mode of pulsed arc consumable electrode welding [17], an appliance for its implementation is considered [18], and practically-oriented research into this welding mode is outlined.

The point of this mode is as follows: when pulse piling-up the dosage of energy for melting a bead takes place starting from the instant of bead detachment. Bead detachment is registered due to voltage burst in the arc space. Current and voltage diagrams of pulsed arc welding are shown in Figure 1.

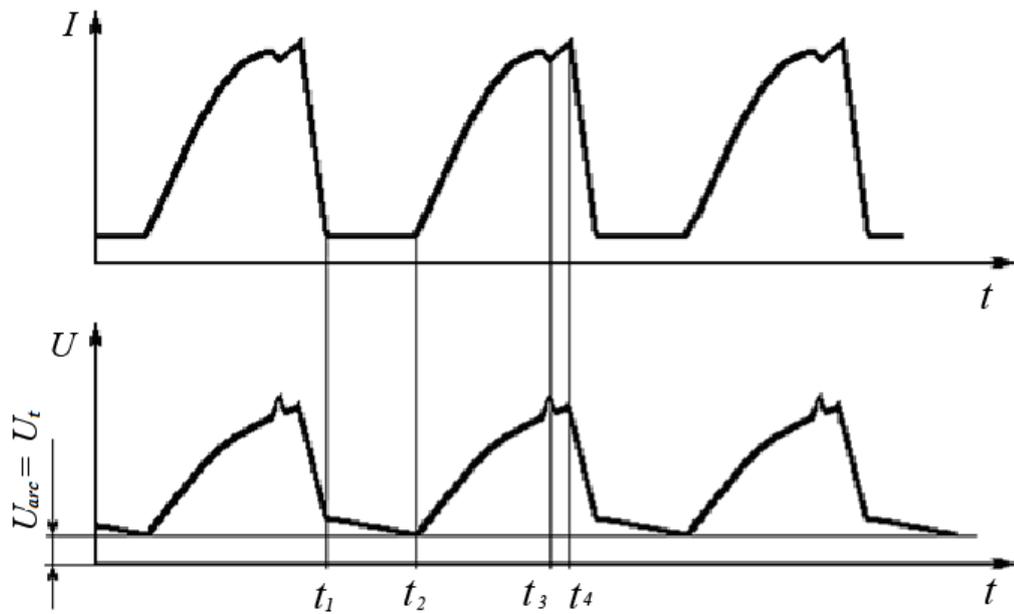


Figure 1. Current and voltage oscillograms of pulsed arc welding:
 I – current strength; U – voltage in the arc space;
 U_{arc} – arc voltage in the pause; U_t – specified arc voltage in the pause;
 t – time; t_1 – pause start time; t_2 – impulse start time;
 t_3 – instant of bead detachment from electrode tip; $t_3 - t_4$ – time for energy dosage

Pilot arc burns in the time interval t_1-t_2 at the minimal current (15-40) A. At the same time a bead tends to take a coaxial position relative to the electrode. The length of the arc space gets shortened because of sharp current decrease. At the time t_2 current impulse is fed. A bead is taken in the arc column by electromagnetic forces and moves towards the weld pool. At the time t_3 a bead is detached and it moves faster towards the pool. The rest of liquid metal is displaced on the side surface. In the time interval t_3-t_4 energy dosage is carried out for melting the forthcoming bead. The dosage start time is determined according to voltage burst of arc space at the time t_3 . The impulse energy carried by the detached bead is not taken into account. Energy for melting the last bead alone is considered. That is why, conditions are provided for exact dosage of energy and dimensional stability of beads.

An appliance to stabilize the length of the arc space is designed to implement the suggested mode of pulsed arc welding. Functional diagram of the appliance is shown in Figure 2.

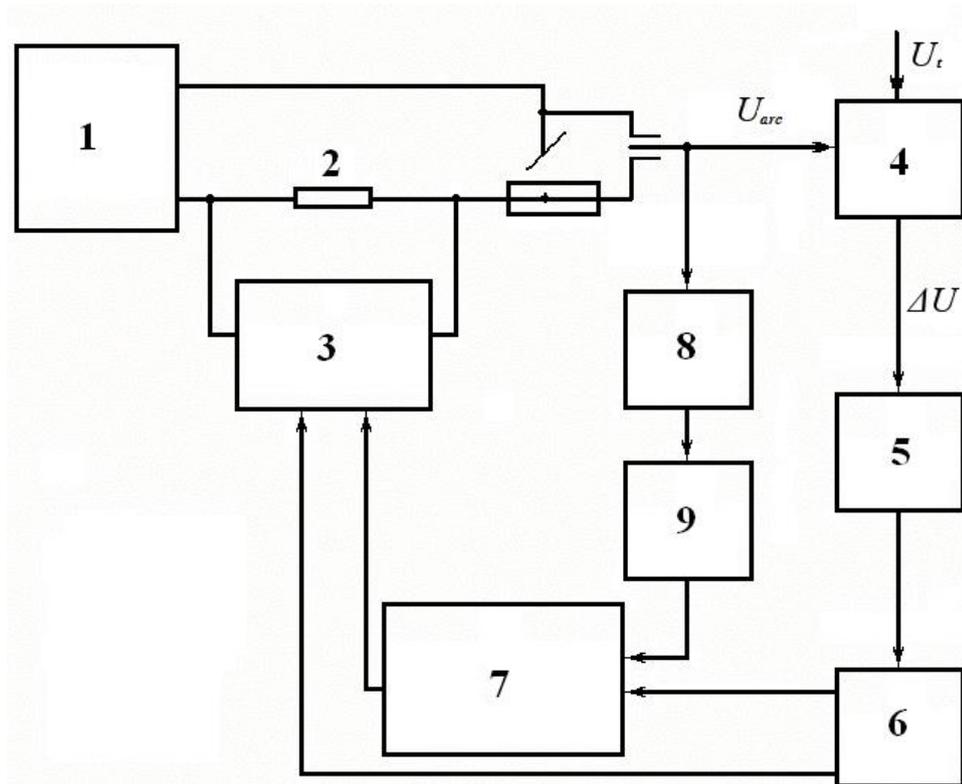


Figure 2. Functional diagram of the appliance for energy dosage:
 1 – power source; 2 – ballast rheostat; 3 – switching device; 4 – unit comparing arc voltage with the setting voltage; 5 – unit forming pauses; 6 – relay element;
 7 – unit forming pulse times; 8 – sensor registering bead detachment;
 9 – amplifying device; U_{arc} – arc space voltage;
 U_t – specified voltage; ΔU – disparity of arc voltages

A sensor in this appliance registers bead detachment according to voltage burst in the arc space. The sensor is connected in series with the delay circuit directly linked to the switching device. The delay circuit functions as a dosage device as soon as detached bead of electrode metal is registered.

This appliance provides energy dosage necessary for melting each bead. Under bead detachment sensor malfunctioning the system switches to the mode of forced switching device shutdown provided that pulse time exceeds the pre-set value.

A chart outlining pulsed arc welding with energy dosage is shown in Figure 3. If we identify the instant of bead detachment and accept it to be the reference point of energy dosage we can support equal energy for melting a bead (highlighted in grey in the Figure). Pulse time is pre-set before power thyristors are switched off. Then current drops, so voltage does during current falling (t_{cn}). Welding current

and voltage during the pause are little, so they do not change bead sizes of electrode metal till the next pulse pilling-up.

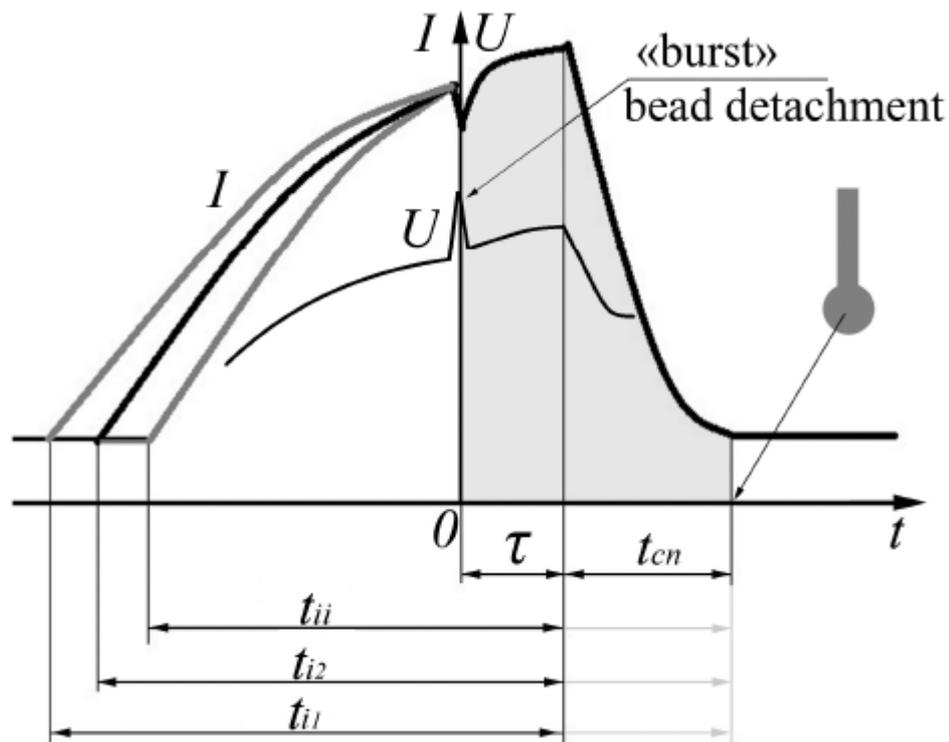


Figure 3. Chart of pulsed arc welding with energy dosage:
 U – voltage; I – welding current; t – current pulse duration;
 t_{cn} – pulse droop duration;
 τ – time for energy dosage in each impulse ($\tau = \text{const}$);
 t_{i1} , t_{i2} , t_{ii} – duration of the first, second, i -impulse, respectively

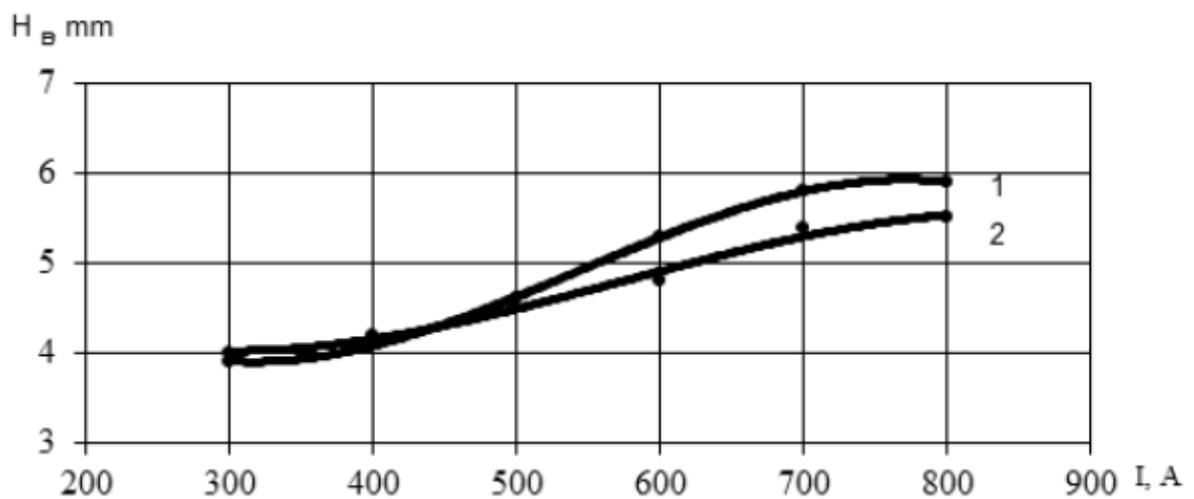
Energy dosage supports equality of bead dimensions and provides similar initial conditions for transfer of electrode metal beads.

Investigations into influence of pulse parameters on weld formation. Methods of carrying out experiments. Beading was carried out on $300 \times 150 \times 10$ mm plates made of steel St 3 with wire 1,2 mm in diameter. Carbon dioxide consumption, electrode extension and welding velocity were constant: 15 l/min, 16 mm and 15 m/h. To assess each parameter influence welding was carried out at its different values while other parameters were not changed. Melting intensity of the base metal was assessed in view of the following parameters: depth of penetration H_B , weld breadth B , weld reinforcement E , penetration zone F_p .

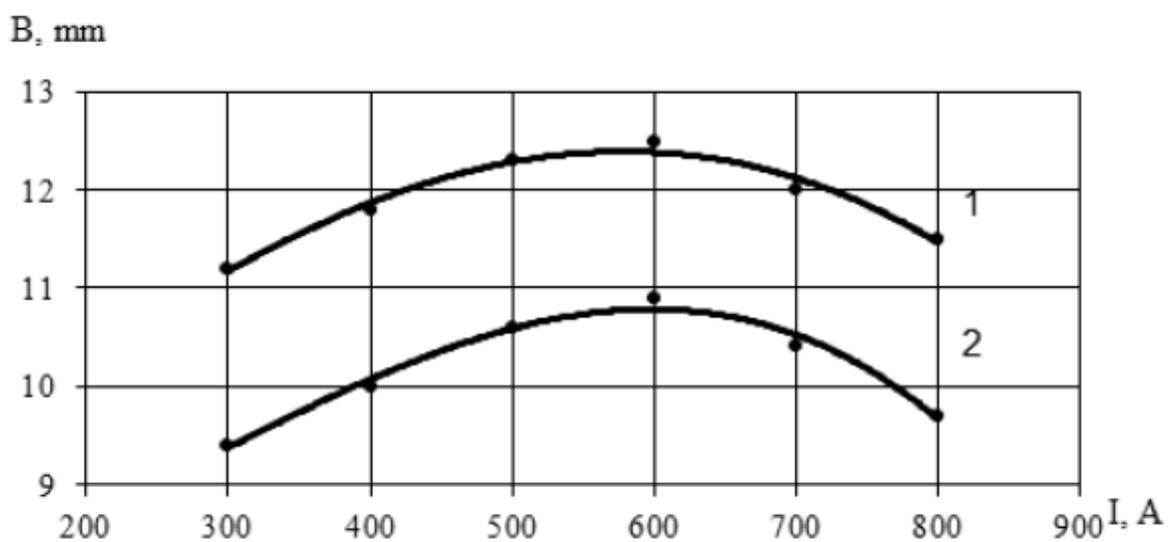
3. Results and Discussion

The role of welding current pulse amplitude. Welding current pulse amplitude is a key parameter relevant for the geometry of the weld when pulsed arc welding. Figure 4 outlines the dependence of penetration depth, weld breadth and convexity on welding current pulse amplitude.

The arc gets stabilized under action of welding current pulse, a powerful anode stream occurs and furthers the increasing force impact of the arc on the welding pool, as the result, metal is displaced from it. As the consequence, liquid layer gets thinner under the arc improving heat transfer to the base metal. Therefore, there is increase in the penetration depth.



a



b

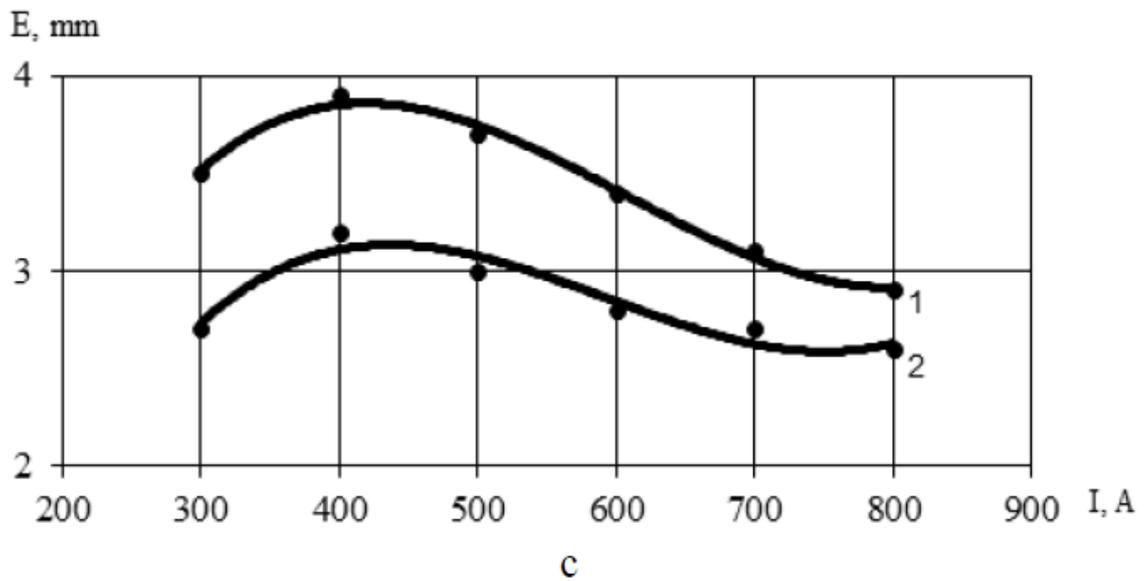


Figure 4. The change in penetration depth (a), breadth (b) and weld reinforcement (c) according to current amplitude
($t_i = 4.5$ ms; $f = 90$ p/s; 1 – $V = 650$ m/h; 2 – $V = 450$ m/h)

The role of welding current pulse. It is pulse time that determines the amount of energy applied to the arc during the pulse under other equal conditions. Growth of the pulse time is to be simultaneous with the decrease in pulse frequency in order to keep the welding current amplitude and arc space length constant. When pulsed arc welding a bead is melted during a pulse mainly, and pulse time is calculated as the sum of bead melting time and time necessary for its detachment. The dependence of weld geometry on pulse time is outlined in Figure 5.

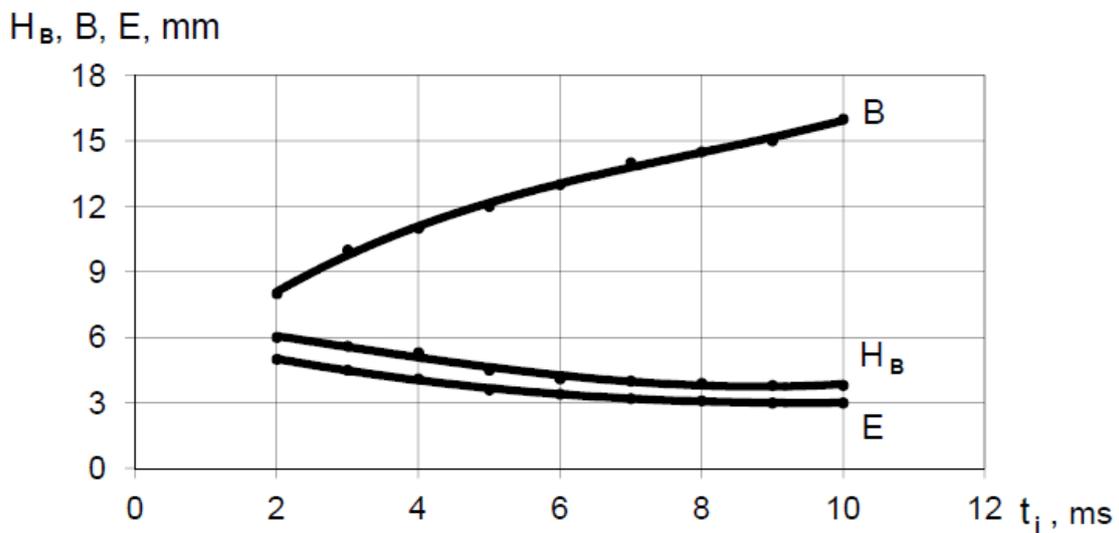


Figure 5. The dependence of penetration depth (H_B), weld breadth (B) and weld reinforcement (E) on pulse time: $I_{av} = 200$ A; $V = 450$ m/h; $f = 60$ Hz

Prolonged pulses in conditions of their constant frequency further increase in the weld breadth, whereas penetration depth and weld reinforcement are reduced.

Therefore, pulsed arc welding parameters have a positive effect on the geometry and mechanical properties of a weld joint.

4. Analysis devices acting on a feeding system of filler material

The droplet of a specified mass can be obtained using several possible processes. One of the promising trends in techniques to solve problems in terms of controlling droplets of molten wire metal is to apply power pulse cycles to affect the welding process. Currently, three systems have been developed to control the metal transfer:

- Electrical systems, where power sources generate energy pulses to act on the transfer process (Pulsed Power Welding);
- Mechanical systems, where pulsed wire feeding devices are used;
- Combined systems, where the combined effect of electrical and mechanical systems is received.

The first technique, when using an electrical system, is mostly fully investigated and implemented in different pulsed power supplies.

The second group when using a mechanical arrangement, according to the classification proposed in represents devices that can make an influence on a filler material feed system (figure 6).

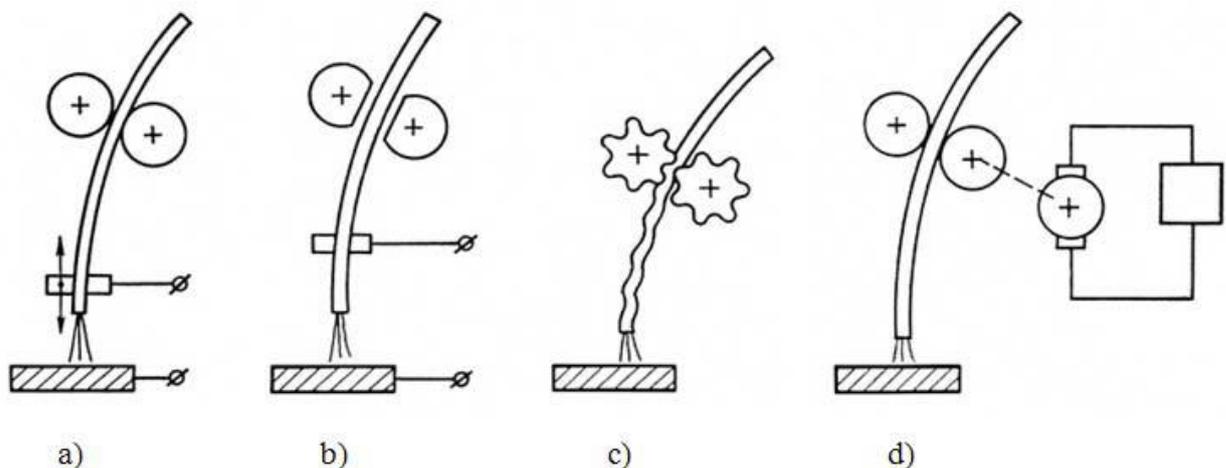


Figure 6. Devices to control the feeding process of filler material.

The devices acting on a feeding system of filler material are presented by mechanisms with the position of the current contact jaw be changeable (figure 6,a), mechanisms with non-circular (figure 6, b) and specifically profiled drive rollers (figure 6, c), and mechanisms fitted with a variable speed wire feed motor (figure 6, d). These mechanisms increase the stability of the welding process and improve the weld formation. Describing this group, we can set the common shortcomings of these mechanisms are as follows: a narrow frequency range, complexity, and sometimes impossibility to correct operating modes during welding. On the other hand, such devices are less sensitive relating to utilized power sources and types of current, i.e. these techniques can be employed using standard power sources.

At the present time, the materials relating to this problem and presented in, have been further developed. Therefore, it seems necessary to update the information already available.

The currently available mechanisms of pulsed wire feed can be divided according to a number of features defining their characteristics.

One of the important criteria characterizing both continuous and pulsed feeders is a weld wire feed method. On the basis of this feature, the wire feed mechanisms can be divided into:

- a push-type feed system (a feeder is located in front of the drive rollers, its job is to push the electrode wire through the insulated conductor tube to a welding zone);
- a pull-type feed system (a feeder is located behind the drive rollers, its job is to pull the electrode wire from the insulated conductor tube).

Another classifying criterion is a type of electrode wire feed drive. According to this criterion, there are two main tendencies for designing and developing devices being used for pulsed wire feed:

- Devices driven by an electric motor (AC or DC, stepper motors);
- Devices driven by electromagnets.

We consider three conventional schemes used for feeding units based on electromagnets (figure 7).

One of the generalized variations for electromagnetic feeding units is shown in figure 7, a. A returnable member in these structures is made in the form of a spring or in the form of elastic membranes. The disadvantage of these devices is irrational use of electromagnet power, which is used not only for wire feed but also for compressing the returnable member.

The device where the second electromagnet is used instead of the returnable member is shown in figure 7, b. Its disadvantages are a low rate of rise in the wire feed and instability of pulse intervals, hence, like the previous device, this mechanism requires the increased electromagnet power in order to overcome initial inertia, and the electromagnet used for the return action does not operate in full.

The device that does require much forces while returning a clamp and simultaneously compresses the spring (figure 7, c) is accepted as the most successful technical solution, i.e. this device accumulates energy as long as the electromagnet armature retracts, and then this energy is translated into an initial point of wire feeding that leads to its rapid acceleration and enables the maximum use of the complete energy supplied to the feeder.

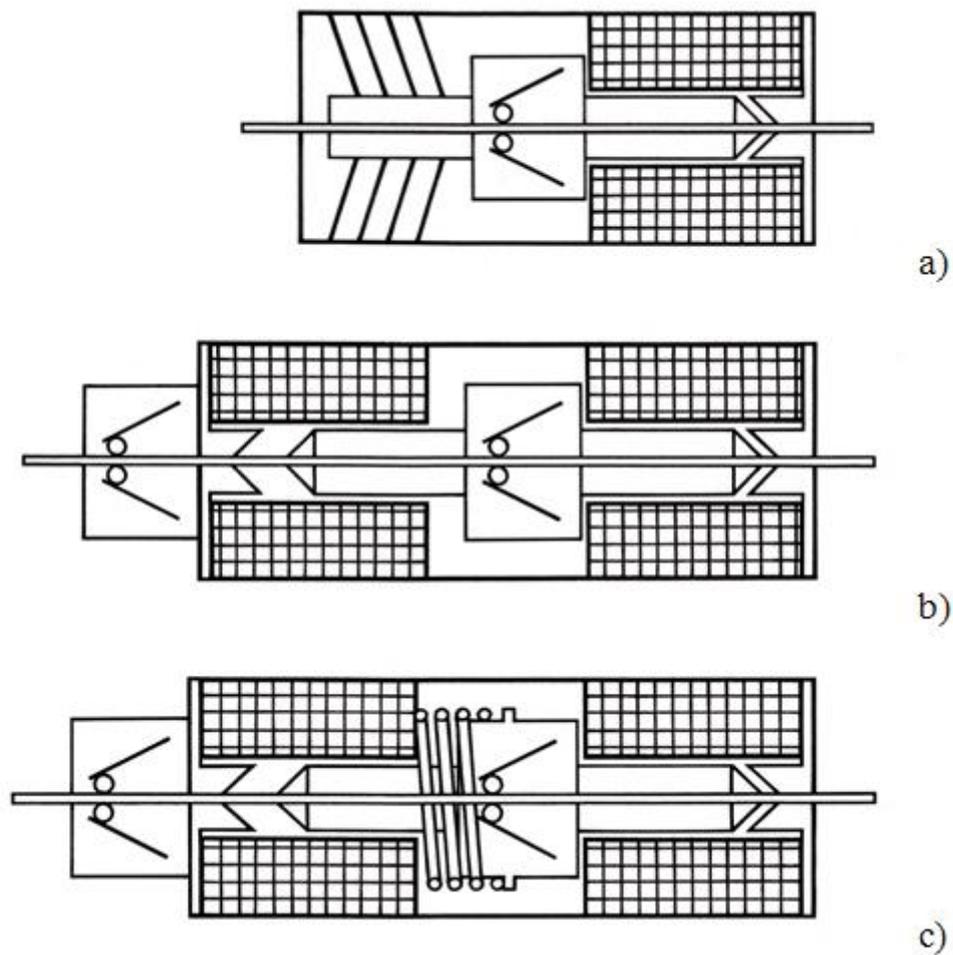


Figure 7. Feeders based on electromagnets.

The feeding mechanisms driven by an electromotor, except for those presented in, can additionally be divided into:

1. Direct-drive mechanisms driven by an electromotor;
2. Mechanisms with an eccentric roller or profiled jaw;
3. Mechanisms with a programmable voltage supply motor;
4. Mechanisms with a movable clamp on the basis of a quasi-wave inverter (QWI);
5. Feeders with a stepping electromotor;
6. Direct-drive mechanisms with a valve electric drive.

The E.O. Paton Electric Welding Institute in Ukraine and the Fronius Company are the leading designers of pulse wire feeders.

According to the Ukrainian experts' opinion, mechanisms with a quasi-wave inverter are the most sophisticated all-purpose devices, featuring the improved

capability to adjust pulse parameters, in which the feed roller is mounted directly on a motor shaft, and a microprocessor control system enables the programmable pulse rotation of the shaft. One of the solutions offered by Ukrainian designers is the pulsed wire feed system using a special valve electric drive fitted with a digitally controlled unit for adjusting the shaft rotation characteristics.

Fronius developed a new technology for the controlled metal transfer process branded the CMT (Cold Metal Transfer) process. During the short circuit, the wire metal moves rearward, the current flow stops and the droplet transfers to the weld pool without spattering. In fact, this technology is the one of those representing the third type of wire transfer control systems – the combined system.

The pulsed wire feed devices driven by the electric motors enabling the direct-drive pulsed feeding are research developments; however, their price exceeding that of conventional systems 1.2-1.5 times needs to be taken into account.

The analysis of the systems described in this paper has proved that wire feeding units show a great potential for further development. The pulsed wire feeding process finds its successful implementation in the scheme shown in figure 8.

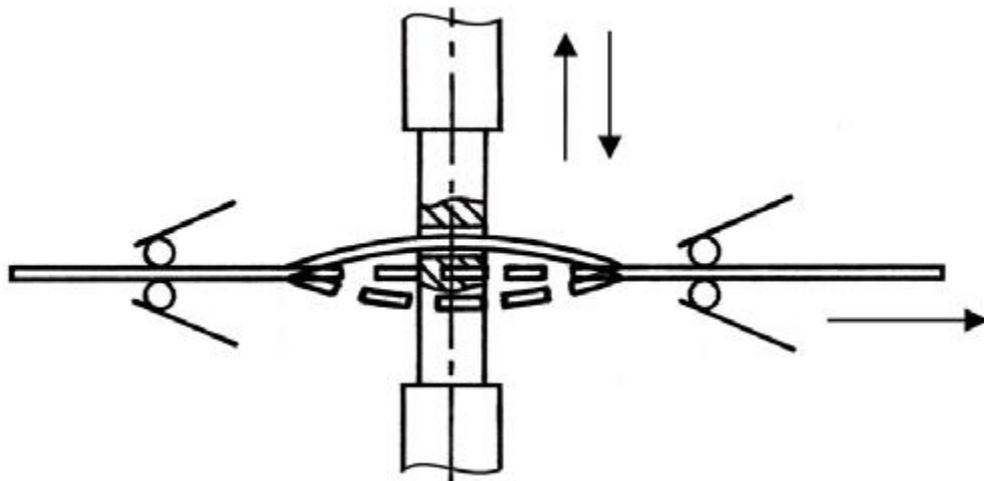


Figure 8. Schematic pulsed wire feed mechanism.

The operation of this mechanism can be described as follows: when moving “upward”, the wire is pulled through the left clamp, at this time the right clamp is jammed, preventing the wire from passing. While moving to a “low position”, the

left clamp is jammed and the right clamp is open, enabling the wire feeding process. The reciprocating movement of the wire rod in the axial direction can be performed using one or two electromagnets, cams, or an electromotor driven crank-and-rod mechanism.

5. Conclusion

Thus, the wire metal transfer control process using various kinds of pulsed cycles is of great interest; this fact is evidenced by the development of modern welding technologies and machines, aiming at welds having specified properties. The most advanced types of feeders are electromagnetic devices with quasi-wave feeders and direct-drive devices with electric motors. The electromagnetic mechanisms have the advantages as they provide a wide range of control feed rates, relatively low feed forces, and high efficiency. The simple design, highly reliable mechanism and low mass-and-dimension parameters result in the advantages for the direct-drive devices. Therefore, these two types of mechanisms as well as their combination and the usage in combined systems are supposed as most promising relating to their further research and development.

Improving Processes of Mechanized Pulsed Arc Welding of Low-Frequency Range Variation of Mode Parameters

1. Development history of low frequency pulse technologies in welding.

A method of arc welding of steel sheets with programmable low-frequency modulation of welding current was first developed by M P Zaitsev. It was followed by a great variety of processes and devices for its application.

A. P. Petrov and G. A. Slavin suggested low-frequency range of pulse arc (up to 10hz) which allows periodical changes (regulations) of heat flow fed to the metal and thus control of base metal penetration and weld formation. Such a modulation of the weld current found wide application in argon tungsten arc welding.

2. Analytical part

A number of scientific schools in the former USSR (in Kiev, Rostov, St-Petersburg, Moscow, Tomsk, Karaganda) grounded and developed this application of this method of low-frequency modulation in consumable-electrode welding. Thus I I Zaruba and co-authors first showed that current modulation can be an effective way of welding control reducing its cost. Further on F A Vagner, I N Vornovitskiy, F A Hromchenko, R I Dedyuh, V S Sidoruk, T G Shigaev and others proved that in many cases current modulation can improve performance characteristics of welded joints and widen capacities of conventional welding and hardfacing.

The researchers mentioned above have determined that in manual arc metal welding under average current values changes in heat supply mode do not influence the effective efficiency of arc heating. However thermal efficiency of base metal penetration and weld dimensions in modulated current welding are higher than those in direct current welding. These values increase as the modulation depth grows (ratio of pulse current to pause current). It leads to increased arc pressure and stimulates its penetration into base metal. Conditions of transferring arc heat power to the base metal improve which provides effective melting of the metal.

Works prove that automatic control of the arc power by means of modulated current provides considerable stabilization of weld root pass formation which means more stable penetration as compared with continuous arc welding. This advantage of modulated current welding with forced destruction of ligament during the pause is stipulated by the more precise metering of energy supplied into the metal.

Noting a positive influence of low-frequency current on weld metal formation at different space positions it should be pointed out that majority of works in the field of development and application of pulse technologies deal with manual arc welding. However D A Dudko, V S Sidoruk, S A Zatserkovny proved that the advantages of pulse technologies described above are valid in mechanized arc

welding as well. At the same time low-frequency alternation of welding energy parameters in mechanized welding do not always eliminate the most significant drawbacks of arc welding – weld spattering and process instability especially in CO₂.

To insure regular welding process under winter conditions it is important to take into account specifics of weld development at low temperatures. Low atmosphere temperature can have a negative influence not only on welding process stability but also on the structure and mechanical properties of welding joints. It is caused by quick cooling of the welding pool metal under winter conditions.

For some high-strength steels, changes in cooling rate caused by dropping temperature at low critical cooling rates makes it possible to get quenched structures in the heat-affected zone and quench cracks. Due to that weld formation under extremely low temperatures requires special technologies. It becomes necessary to control the process of crystallization in weld development.

This approach becomes possible if thermal cycle control takes place at the stage of crystallization of weld metal from melt. It can be achieved by controlling two parameters: heating temperature and, what is more important, exposure time and proper transition of the weld metal from one structural condition to another according to "Iron – Carbon" diagram. Thus to obtain equilibrium, close to the base metal structure of the weld and heat affected zone it is necessary to maintain the required energy and time parameters in the power source –arc – product system so that to provide temperature ranges under which changes in structural and phase conditions go on smoothly.

Conventional pulse-arc technologies in the frequency range from 300 to 25hz which are now widely used in welding and assembly production are first of all aimed at controlling electrode metal transfer, increasing penetration depth and improving weld properties at all space positions. But to control structural and phase conditions in the weld metal one should control the crystallization time according to the cycles of phase condition diagram. It can be performed by means

of pulse-arc welding in the range from 25 to 5hz. In Russia they are called "low frequency modulation of arc current".

3. Experimental part

Controlling a crystallization temperature mode is possible only by means of arc current alternating in pulse/pause cycles with predetermined frequency and pulse/pause ratio. For example, there is a widely spread type of welding with low-frequency modulation of arc current during the pause performed by means of reducing welding current to the minimal arc current values to allow crystallization of the welding pool. But this method is used in manual metal arc welding. In this case welding is carried

out at flat current-voltage characteristic of the arc from power supply with falling external current-voltage characteristic which enables modulating welding current by means of the power supply values.

In metal active gas welding with constant electrode feed rate this method cannot be widely used because welding wire tends to dip into the welding pool. It happens mainly when pauses are very long so that melting rate falls but welding wire feed rate remains the same. In this case modulation of voltage and current is possible only in a narrow range of welding energy parameters when at interpulse periods the arc length increases but not until breaking and at interpause periods it reduces but until

dipping of the wire into the welding pool.

This approach provides smooth change of the pause current but does not enable reliable pulse/pause ratio control.

To obtain a stable welding with low-frequency modulation of the welding current in metal active gas welding it is necessary to provide control of welding energy parameters when working from energy supply with external characteristic which meets the predetermined electrode feed rate at a given interval alongside with control of a corresponding automatic change of the indicated parameters when switching to another wire feed rate or even when it discontinues. Fig. 1 shows a cyclogram of the process described above.

To form a welding pool, welding is carried out with constant welding wire feed rate at rising current-voltage characteristic of the arc and flat external current-voltage characteristic of the power supply until welding pool of a predetermined volume is formed (period T1 cycle "Pulse" Fig. 1 and 2). After that for the welding pool to crystallize, a pause time occurs, welding wire movement is stopped, arc burning is switched over to the flat current-voltage characteristic of the arc and external falling characteristic of the power supply (period T2 cycle "Pulse" Fig. 1 and 2).

Such technology involving simultaneous stoppage of welding wire allows controlling the pause time and increases arc current alternation range due to changing current-voltage characteristic of the power supply. The period $T = t_i + t_p$, where t_p is pause time, t_i is pulse time is of primary importance in the suggested type of welding.

The following conditions have to be satisfied:

1. pause time should be enough to enable crystallization of 75 % of the total amount;
2. pause time should provide continuous arc burning (when low-current arc is burning it must not break because of excessive electrode melting. It can be achieved through introduction of an arc current feedback channel and switch over to the falling current-voltage characteristic of the power supply.

5. Research material and methods

To assess the influence of the welding type under the study on the microstructure of welded joints we obtained macro- and microstructures by optical metallography method using optical microscope Olympus GX-71. The following parameters were involved: welding type – MAG, welding wire Sv08GSMT– 1.2 mm in diameter, power supply voltage – 22 V, pulse current – 220 A, pause current – 50 A, cycle frequency – 1.1 hz, pulse/pause ratio – 1.25, air temperature – 15 °C.

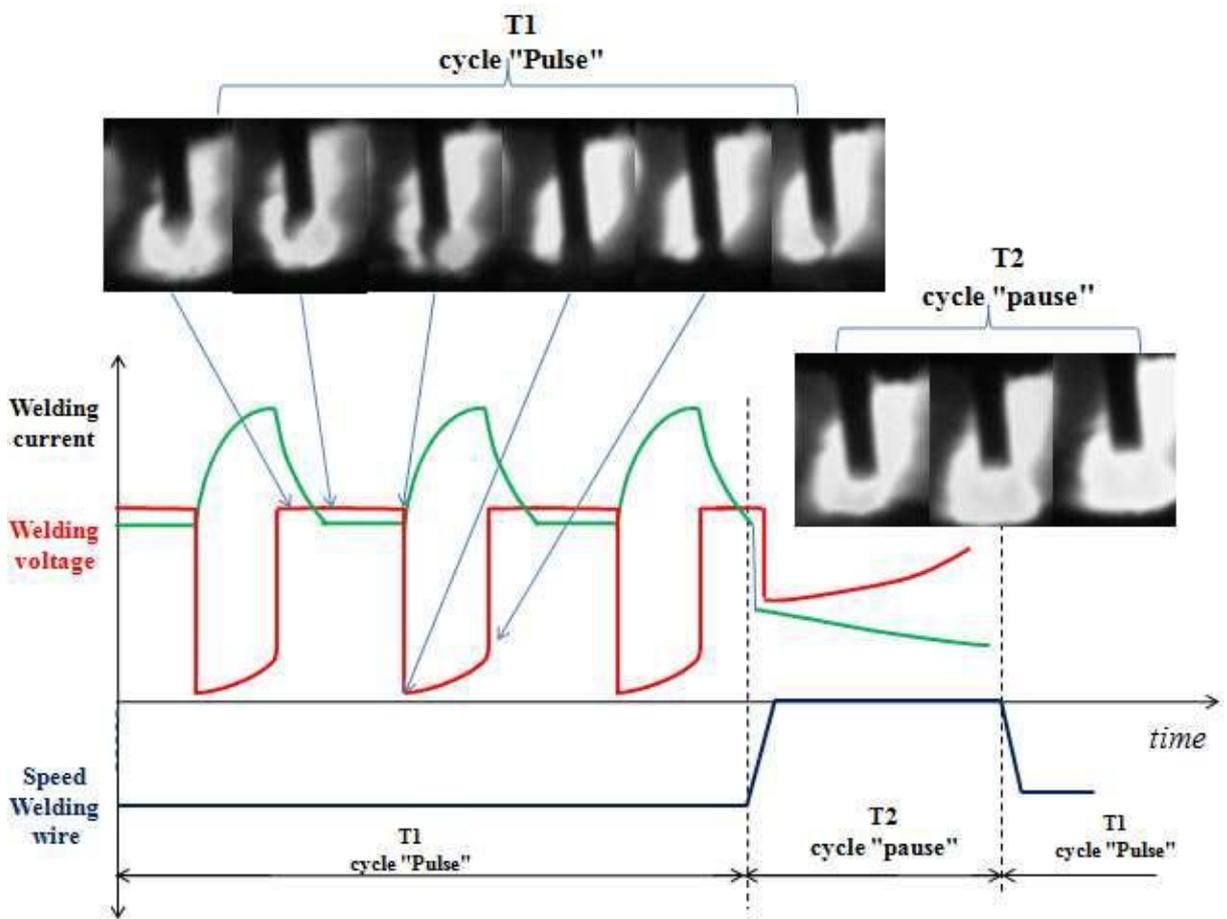


Fig.1 Welding cyclogram

current-voltage characteristic

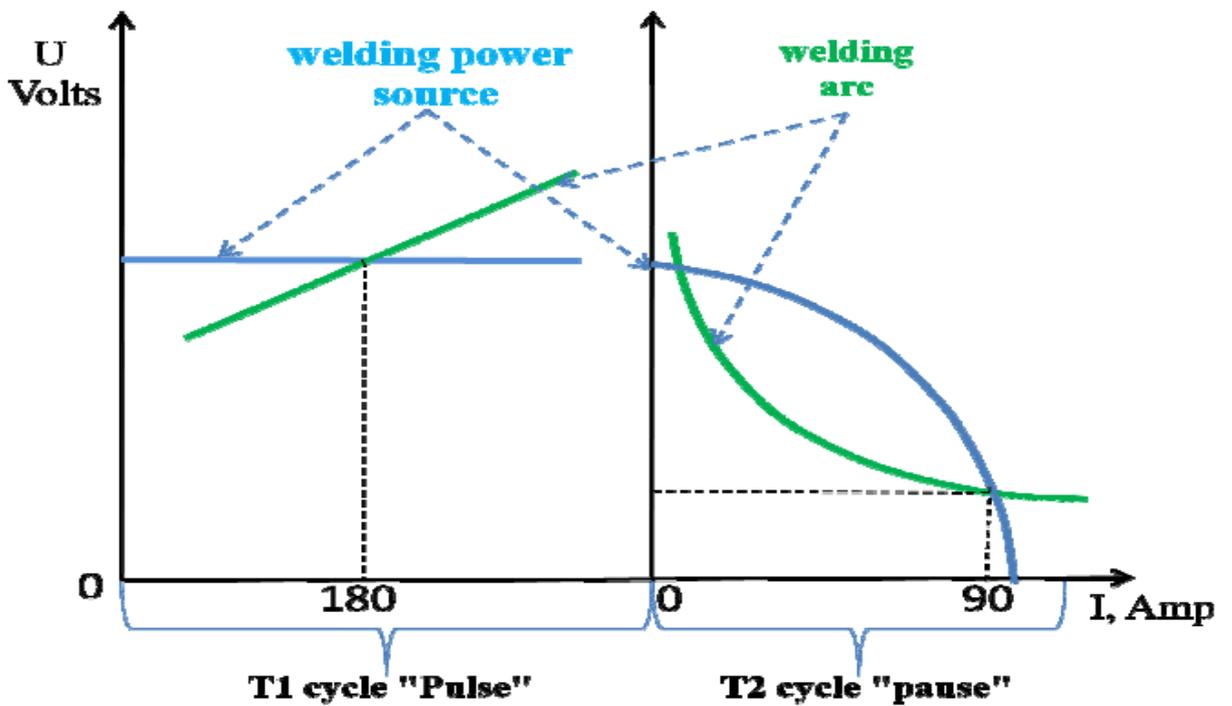


Fig 2. Interdependence of current-voltage characteristic of the arc and of the power supply at different intervals of welding process.

6. Research in microstructure of the weld on C17 samples of 09G2S steel (pipe 159x6).

Initially 09G2S steel has ferritic-pearlitic structure. Pearlite is distributed uniformly (Fig. 3a,b). Pearlite amount and disposition correspond to 1C category according to the National State Standard 5640-68.

Microstructure analysis of sample 1 (low frequency modulation current welding) shows that the heat- affected has ferritic-pearlitic structure. Ferrite grains are in sub-microcrystalline state, ferrite is becoming sorbitic (Fig. 3c). Pearlite amount and disposition correspond to 1B category according to the National State Standard 5640-68. Deposited weld metal structure is ferritic-pearlitic.

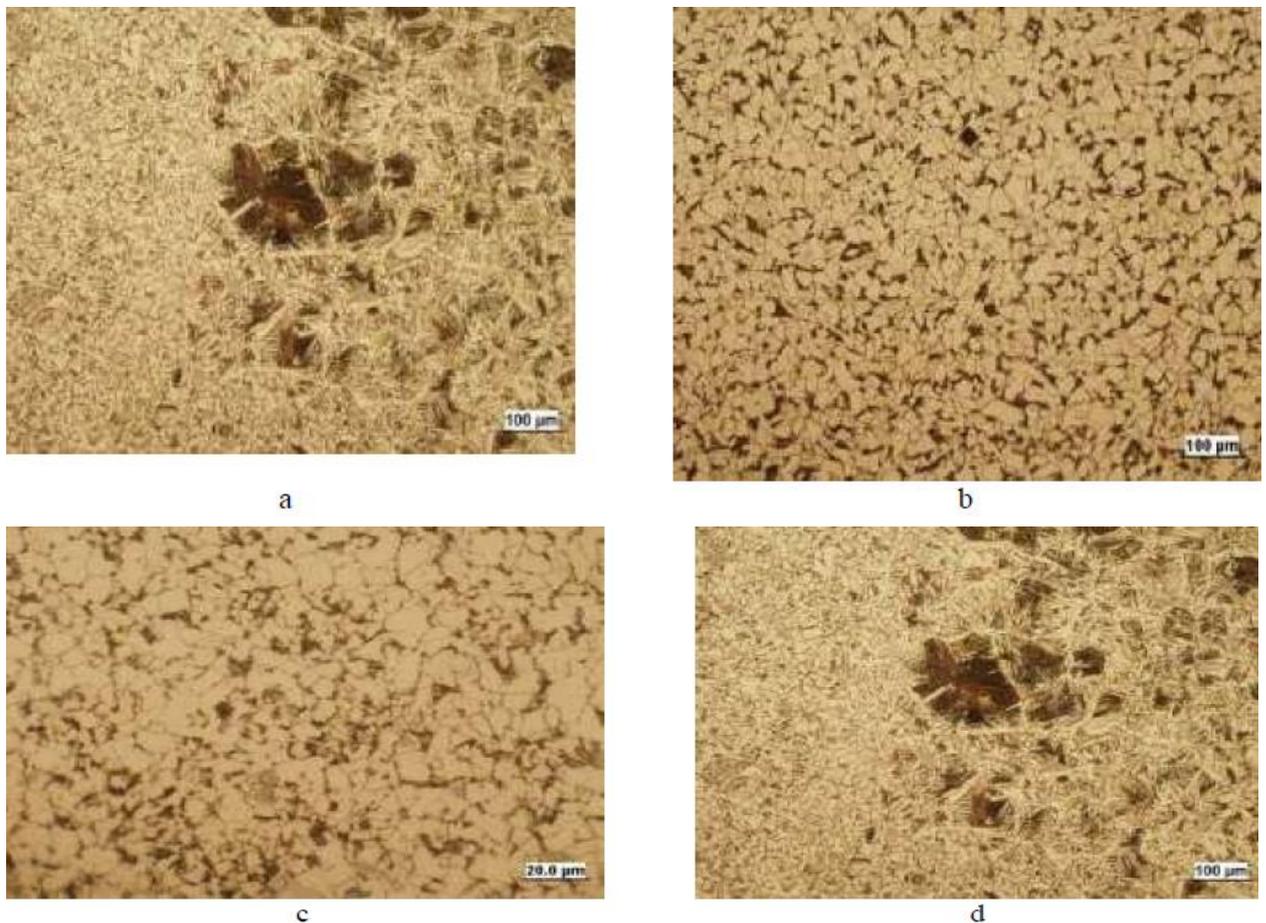


Fig. 3 – Weld microstructure: a,b – microstructure of 09G2S steel, c – microstructure of welded joint heat affected zone (low frequency modulation current welding); d – microstructure of welded joint heat affected zone (conventional feed of welding wire)

Sample №2. In the fusion zone of the weld and the base metal there is a small area with Widmanstatten pattern – 3B category according to the National State Standard 5640-68 Fig. 3d). The weld structure is identical to that of Sample 1.

As compared with the upper row, in the bottom row Widmanstatten pattern disappear from the weld and the base metal attached to the weld due to auto thermal treatment.

Differences resulting from the research can be explained by different characteristics of changing cooling temperature in the range of critical temperatures of phase transformations during secondary crystallization (in solid phase).

7. Conclusion

1. Using falling current-voltage characteristic of the power supply during welding pool crystallization increases crystallization time which is advantageous for the welding process. Reduction of current to minimal values during crystallization provides conditions for thermal treatment of the weld.

2. Stabilization of welding pool formation and crystallization time improves the weld and increases labor productivity in welding of thin sheet metals.

3. The suggested technology of MAG welding takes into account time of welding pool formation and crystallization under different temperature conditions of structural-phase transformations which allows a wide-range control of crystallization processes both in liquid and solid phases. The work was done as a part of Fundamental Scientific Research Program of State Academies of Science of the Russian Federation for 2013-2020.