

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей  
в машиностроении»  
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Сварка магистрального трубопровода на трубоукладочной  
барже

Студент

М.И, Лусь

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В, Моторин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

д.э.н., профессор И.В. Краснопевцева

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

В настоящее время потребность применения магистральных трубопроводов для транспортировки природных углеводородов к месту их обработки и использования в качестве топлива растет. В связи с этим увеличивается потребность в их строительстве. В их строительстве применяются различные способы сварки, но различный способ сварки имеет разную производительность, что влияет на скорость производства сварной конструкции.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности сварных работ при строительстве морских магистральных трубопроводов.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- разработать технологический процесс сборки и сварки магистрального трубопровода;
- выбрать оборудование для осуществления данной технологии.

Проведен анализ исходных данных по изготовлению морского магистрального трубопроводов

Разработан технологический процесс сборки и сварки, на трубоукладочной барже, магистрального трубопровода, в котором была заменена автоматическая сварка порошковой проволокой на автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Предоставлены мероприятия по защите персонала от опасных и вредных производственных факторов, присутствующих при внедрении разработанного технологического процесса.

## **Abstract**

The need for long-distance pipelines to transport natural hydrocarbons to the place where they are processed and used as fuel is increasing. As a result, the need for pipeline construction is increasing. Different welding methods are used in their construction, but different welding methods have different productivity, which affects the speed of production of welded structure.

The purpose of the graduate qualification work is to increase productivity of welding works in the construction of offshore main pipelines.

In the course of work the following tasks were solved:

- to develop a technological process of assembly and welding of trunk pipelines;
- to choose equipment for implementation of this technology.

The initial data on trunk pipelines manufacture was analysed.

The technological process of assembling and welding of the trunk pipeline on the pipe-laying barge in which automatic welding by flux-cored wire was replaced by automatic welding in shielded gases by a wire of continuous cross-section is developed.

Measures are provided to protect personnel from hazardous and harmful production factors present in the implementation of the developed technological process.

## Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению морского магистральных трубопроводов.....	8
1.1 Сведение о конструкции трубопровод.....	8
1.2 Материалы труб согласно нормативным документам.....	13
1.3 Анализ возможных способов сварки морского магистрального трубопровода.....	15
2 Технологический процесс изготовления трубопровода.....	20
2.1 Подготовка кромок.....	20
2.2 Сборка труб.....	20
2.3 Предварительный подогрев.....	21
2.4 Сварка корня шва.....	22
2.5 Сварка первого заполняющего слоя.....	22
2.6 Сварка второго заполняющего слоя.....	22
2.7 Сварка облицовочного слоя.....	24
2.8 Контроль качества сварного шва.....	24
2.9 Внутренний центратор.....	25
2.10 Сварочная головка.....	26
2.11 Источник питания.....	27
2.12 Ультразвуковой дефектоскоп.....	28
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса.....	31
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика морского магистрального трубопровода.....	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности.....	38
4 Оценка экономической эффективности технологического процесса.....	40

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений.....	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	43
4.3 Расчёт штучного времени.....	44
4.4 Капитальные затраты по базовому и разработанному технологическому процессу.....	46
4.5 Показатели экономической эффективности.....	49
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50

## Введение

Трубопровод – это устройство, предназначенное для транспортировки жидких, газообразных или сыпучих веществ. Каждый вид трубопровода предназначен для определённого назначения.

От транспортируемой среды меняется термин к трубопроводу, например газопровод - трубопровод транспортирующий газ, нефтепровод – трубопровод транспортирующий нефть и нефтяные продукты, водопровод – трубопровод транспортирующий воду и т.д. [4].

Так же, для трубопроводов основными параметрами являются: условный диаметр прохода DN ( $D_y$ ), условное давление PN ( $p_y$ ) МПа, рабочая температура  $t_p$ , °C среды. Отсюда следует, что трубопроводы различают по рабочему и пробному давлению. Существуют несколько видов трубопроводов, характерные заданным параметрам: технологическими, городские коммунально-сетевые и магистральные.

Технологические трубопроводы применяются на промышленных предприятиях. Их разделяют на судовые, машинные и внутризаводского транспорта (межцеховые, внутрицеховые, обвязочные).

Городские коммунально-сетевые – это трубопроводы, применяемые для удовлетворения нужд городского населения и небольших промышленных предприятий. Такие трубопроводы называют: водопроводы, газовые сети, теплофикационные сети, канализационные сети (рисунок 1).

Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки среды на дальние расстояния. Они подразделяются на газопроводы, нефтепроводы, нефтепродуктопроводы, водопроводы.

В выпускной квалификационной работе будет рассмотрено производство морского магистрального трубопровода.

Рассмотрим более подробно морские магистральные трубопроводы. Такие трубопроводы производят на трубоукладочной барже. В настоящее

время изготовления таких трубопроводов является сложным, дорогим, длительным и очень ответственным процессом.

Сложность заключается в том, что такой трубопровод изготавливается на судне и, в ходе его изготовления, опускают на дно водоёма. Большое время, затраченное на изготовление трубопроводов, объясняется тяжелыми условиями и малой производительностью сварки. Дороговизна заключается в том, что операцию изготовления такого трубопровода, нельзя остановить или остановка приведёт к неприятным последствиям. Были такие случаи, что из-за нарушения технологии изготовления трубопровода, поднимали со дна некоторое количество метров готового трубопровода, отрезали брак и начинали изготавливать трубопровод заново. Такие случаи очень редкие, но они приносят большие денежные потери компании, которая изготавливает этот трубопровод. В этом и заключается высокая ответственность в изготовлении [13, 17].

В настоящее время потребность в строительстве магистральных трубопроводов возрастает, а они, как правило, свариваются на отдельных сварочных постах автоматической сваркой порошковой проволокой. Существующие варианты изготовления не обеспечивают высокой производительности [14].

Поэтому целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности сварных работ при изготовлении морских магистральных трубопроводов [6, 7, 12].

# **1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению морского магистрального трубопровода**

## **1.1 Сведение о конструкции магистрального трубопровода**

Трубопровод представляет собой сборную сварную конструкцию разных категорий ответственности – особо ответственные, ответственные и прочие. Так, для магистрального трубопровода категория ответственности – особо ответственные. «На территории России построено много магистральных трубопроводных транспортных систем, соединяющих месторождения нефти и газа с потребителями. Протяженность трубопроводов на начало XXI века достигло 300 тыс. км, однако для нашей страны развитие магистральных трубопроводов является насущной проблемой, так как правило, многие месторождения Севера европейской части, Сибири и Дальнего Востока, как правило, находятся в отдельных и неосвоенных районах с практически полным отсутствием современных транспортных связей» [5, 21].

Трубопроводы делятся на несколько видов: коммунально-сетевые трубопроводы (рисунок 1), технологические трубопроводы (рисунок 2), магистральные трубопроводы (рисунок 3).

Так же, трубопроводы классифицируются по способу прокладки, в зависимости от условий строительства (рисунок 4).





Рисунок 1 – Коммунально-сетевые трубопроводы



Рисунок 2 – Технологический трубопровод



Рисунок 3 – Магистральный трубопровод

Рассмотрим подробно способ прокладки трубопроводов. Существуют три более распространённых вида: подземный, наземный и надземный [4].

Первый способ прокладки **подземный** (рисунок 5). «Она является самой распространенной на территории российской федерации. При этом труба укладывается в траншею на глубину, превышающую диаметр трубы. Преимущество данного способа – это полная механизация работ, это стабильные температурные условия. Однако в этом случае - большой объем земляных работ, которые являются дорогостоящими на участках скальных грунтов и многолетнемерзлых грунтов» [4].

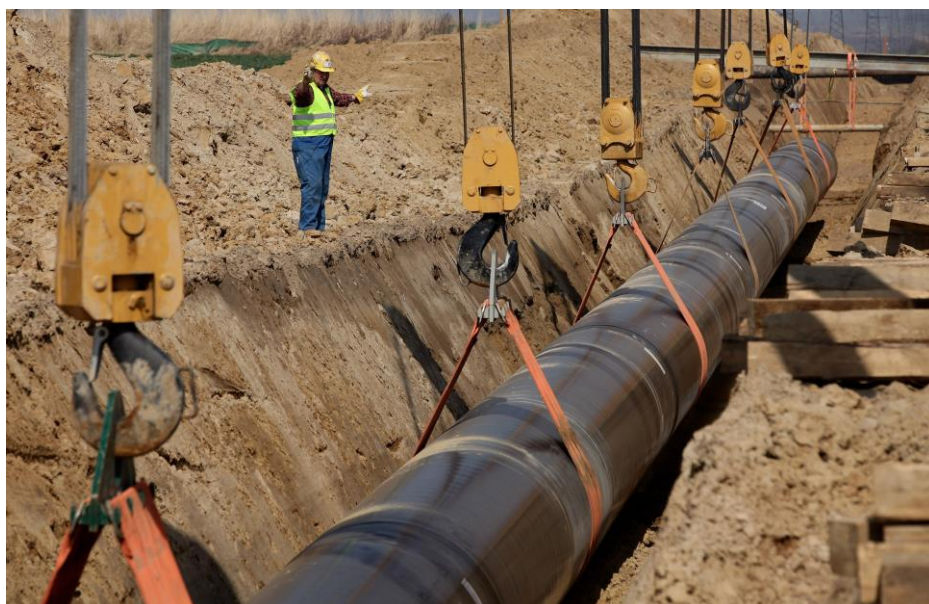


Рисунок 5 – Подземная прокладка трубопровода

Следующая – **наземная** прокладка (рисунок 6). «Эта прокладка используется на участках с высоким уровнем грунтовых вод, к которым относятся обводненные участки и болотистая местность. При этом могут быть также грунты с низкой несущей способностью» [4].



Рисунок 6 – Наземная прокладка трубопровода

Еще одна прокладка – это **надземная** прокладка на опорах (рисунок 7). «При этом трубопровод расположен выше дневной поверхности грунта и есть необходимость в использовании специальных свай опор. К преимуществам этого способа относится минимум земляных работ, и нет необходимости в устройстве средств электрохимической защиты от почвенной коррозии и блуждающих токов. Однако строительство трубопровода на опорах подразумевает устройство специальных проездов для техники и миграции животных. Ну и, кроме того, трубопровод подвержен колебаниям температур. В последнее время используют трубы для трубопроводов стандартных размеров. Это и диаметр, и толщина стенки. Кроме того, в различное время использовали бесшовные, прямошовные и спирально шовные трубы для строительства, однако от спиральношовных, из-за их низкого качества, отказались» [4].



Рисунок 7 – Надземная прокладка трубопровода

Но не всегда место для укладки трубопровода будет сухая земля. Иногда место укладки магистрального трубопровода будет морское дно. Из известных морских трубопроводов – Северный поток 2 (рисунок 8) [2].



Рисунок 8 – Карта прокладки магистрального трубопровода  
Северный поток 2

Укладка морского трубопровода осуществляется на морское дно. Грунт морского дна может: каменным (без грунта), тяжелым грунтом, средним грунтом, слабым грунтом. Следовательно, от вида грунта будет зависеть сложность укладки трубопровода.

Строительство морского магистрального трубопровода происходит на трубоукладочной барже. Это судно представляет собой большой цех с производством трубопровода в открытом море.



Рисунок 9 – «МРТС Дефендер»

В России существует несколько трубоукладочных барж у флота компании АО «Межрегионтрубопроводстрой» (МРТС). Можно выделить одно трубоукладочное судно «МРТС Дефендер» (рисунок 9), это якорная баржа с 10- точечной системой позиционирования. Эта баржа специально предназначена для строительства морских подводных трубопроводов.

## 1.2 Материалы труб согласно нормативным документам

«Как известно, нормативная база для проектирования любого сложного объекта состоит из комплекса расчетных методик и системы требований, предъявляемых к процессам проектирования, строительства и последующей эксплуатации, В конечном счете эти требования призваны обеспечить оптимальную конструкцию трубопровода при условии соблюдения всех имеющихся ограничений, т. е. фактически решается типичная оптимизационная задача с одним или несколькими критериями оптимизации. Страны, планирующие или осуществляющие строительство трубопроводов, имеют свободу выбора — создавать собственную

нормативную базу или выбрать для себя наиболее приемлемые нормы проектирования другой страны» [15].

Регламент – это документ, в котором перечислены этапы, в порядке их выполнения, которые должны предпринимать группа участников для выполнения какого-либо проекта. Строительство магистрального трубопровода является большим и дорогостоящим проектом, для него тоже существует регламент, который обязан соблюдаться в строгом порядке. Одним из регламентов является: Технический регламент Евразийского экономического союза "О требованиях к магистральным трубопроводам для транспортирования жидких и газообразных углеводородов" (ТР ЕАЭС 049/2020) [4, 10].

К нормативным документам относятся: своды правил (СП), строительные нормы и правила (СНиП), межгосударственные стандарты (ГОСТ), руководящие документы (РД), рекомендации и т.д.

В данной выпускной квалификационной работе будут использованы следующие документы:

- СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы (СНиП 2.05.06-85\*);
- СП 86.13330.2014 Магистральные трубопроводы (пересмотр актуализированного СНиП III-42-80\* "Магистральные трубопроводы" (СП 86.13330.2012));
- СП 378.1325800.2017 Морские трубопроводы. Правила проектирования и строительства;

Чтобы выбрать материал для трубы, из которого будет построен трубопровод, нужно понимать, какая среда будет транспортироваться. Для транспортировки нейтральных сред трубы бывают: из углеродистых, малоуглеродистых, легированных низколегированных, высоколегированных и т.д. сталей. Для транспортировки агрессивных сред: пластиковые, титановые и магниевые сплавы, коррозионностойкие стали и т.д. [5, 16].

Так, для магистрального трубопровода используют трубы из малоуглеродистых и низколегированных сталей, согласно нормативным документам.

Таблица 1 – Химический состав стали марки 09Г2С

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
До 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	До 0,3	До 0,04	До 0,035	До 0,3	До 0,010	До 0,3	До 0,08

Таблица 2 – Механические свойства стали марки 09Г2С

Марка стали	$\sigma_B$ , МПА	$\sigma_T$ , МПА	$\delta$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup> , при		
				+20 <sup>0</sup> С	-40 <sup>0</sup> С	-70 <sup>0</sup> С
09Г2С	480	330	21	0,6	0,35	0,25

В данной работе будет рассмотрен трубопровод из низколегированной стали 09Г2С. Согласно нормативным документам, диаметр трубы 1200 мм и толщина стенки трубы 16 мм.

### **1.3 Анализ возможных способов сварки морского магистрального трубопровода**

Выбор подходящего способа сварки, для магистрального трубопровода – ответственный процесс. Из сделанного выбора будет зависеть: производительность сварочного процесса, качество сварного шва, квалификация персонала и т.д.

Согласно нормативным документам, для сварки магистрального трубопровода допускаются несколько способов сварки: ручная дуговая сварка, автоматическая сварка порошковой проволокой, автоматическая

односторонняя сварка под флюсом, автоматическая односторонняя сварка в среде защитных газов.

Известен распространённый способ сварки – ручная дуговая сварка (рисунок 9). Этот способ используется на большинстве предприятий по всей стране [4].

Преимущества этого способа являются: возможность сварки в любом пространственном положении, возможность сварки различных видов сталей, простота и транспортабельность сварочного оборудования.

Однако, такой способ сварки имеет свои недостатки: низкая производительность процесса, качество сварки зависит от квалификации и состояния сварщика, наличие шлаковой корки.

Следовательно, данный способ сварки не подходит для выпускной квалификационной работы из-за низкой производительности сварки.

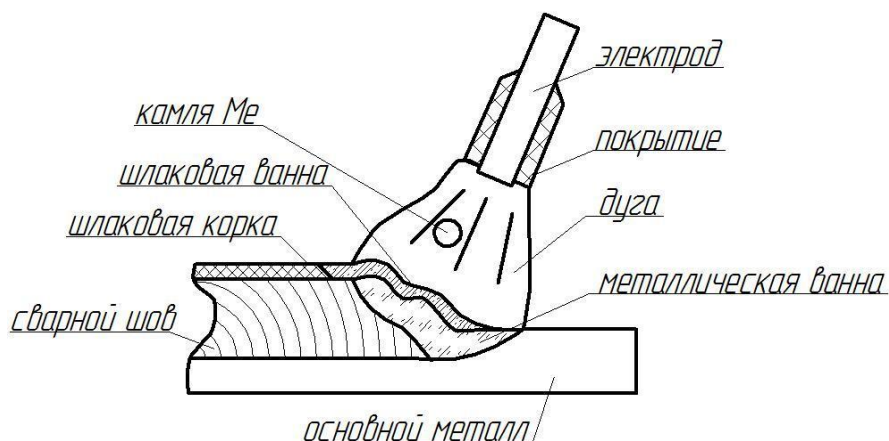


Рисунок 9 – Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

Известен способ автоматической сварки порошковой проволокой, представленный на рисунке 10. Этот способ обычно используют в промышленности, ремонте металлических элементов и автомобилестроении [8, 11].

Достоинства данного способа сварки: увеличенная производительность сварки, в сравнении с ручной дуговой, возможность отказа от баллонов с защитным газом, стабильность сварочной дуги.



Однако у такого способа тоже существуют недостатки. Высокая стоимость расходных материалов и качество шва ниже, чем у аргонодуговых способов.

Следовательно, данный способ сварки не подходит для выпускной квалификационной работы из-за низкого качества шва в сравнении с аргонодуговыми способами.

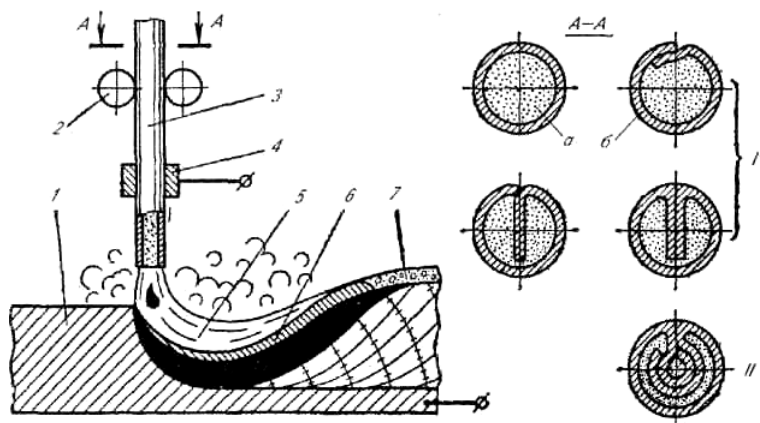


Рисунок 10 – Автоматическая сварка порошковой проволокой

Известен способ автоматической односторонней сварки под флюсом [14, 19]. Такой способ часто используют в сварке трубопроводов из-за его преимуществ.

Высокая производительность сварки, процесс полностью механизирован, стабильность сварочной дуги, персонал не использует сварочную маску.

Однако, недостатки такого способа, следующие: высокая стоимость оборудования, невидимость места сварки, сварка невозможна в потолочном положении.

Следовательно, данный способ сварки не подходит для достижения цели выпускной квалификационной работы, так как сварка стыков трубопровода должна производиться во всех пространственных положениях.



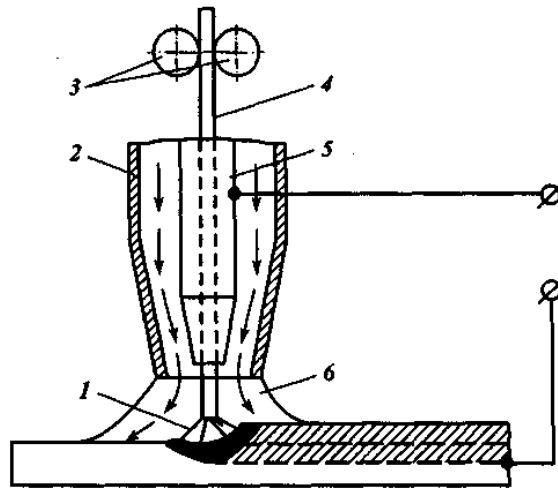


Рисунок 12 – Автоматическая сварка в среде защитных газов

Проанализировав возможные и допустимые способы сварки в выпускной квалификационной работе будет рассмотрено использование способа автоматической односторонней сварки в среде защитных газов неповоротного стыка магистрального морского трубопровода. Его преимущества обеспечивают достижение цели выпускной квалификационной работы.

Таким образом, для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи: разработать технологический процесс сборки и сварки магистрального трубопровода, выбрать оборудование для осуществления данной технологии.

## 2 Технологический процесс изготовления магистрального трубопровода

### 2.1 Подготовка кромок

Технологический процесс сборки и сварки магистрального трубопровода начинается с подготовки кромок.

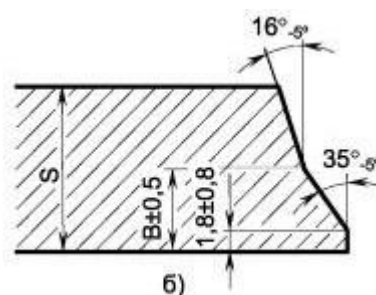


Рисунок 13 – Эскиз кромки трубопровода

Сначала с трубы снимают заводскую заглушку, которая служит для предотвращения попадания в трубу посторонних предметов. После снятия заглушки, требуется очистить металл трубы от грязи, ржавчины и прочих загрязнений. Кромку подготавливают на заводе, после чего доставляют на трубоукладочное судно. Перед сборкой конструкции, согласно нормативным документам, требуется провести визуальный контроль поверхности труб, обнаруженные дефекты должны быть исправлены в соответствии с требованиями документов.

### 2.2 Сборка труб

Следующей операцией является сборка труб (рисунок 14). Перед сваркой встык требуется отцентровать трубы на внутреннем центраторе. Центратор обеспечивает надежную фиксацию стыка труб, что обеспечивает сварку качественного шва.



Рисунок 14 – Сборка труб на внутреннем центраторе

Требуется поддерживать соосность труб в пределах 0,2 мм, несоосность труб не должна превышать 0,5 мм. Зазор стыка не должен превышать 4 мм, оптимальным зазором можно считать 1 – 3 мм, контролировать зазор при помощи штангенциркуля.

### 2.3 Предварительный подогрев

Предстоящей операцией технологического процесса будет предварительный подогрев. Подогрев свариваемого металла нужен для уменьшения остаточных напряжений, что снижает образование горячих трещин, в металле шва.



Рисунок 15 – Индуктивный подогрев трубы

Предварительный подогрев металла осуществляется электрическим воздухоохлаждаемым индуктором в термозащитном чехле. Нагревать металл до 100 – 130 °С. Требуется подогревать два стыка труб общей шириной 150 мм.

## 2.4 Сварка корня шва

Следующая операция – это сварка корня шва. Сварка корневого шва осуществляется на токах ниже, чем последующие, так как велика вероятность прожечь металл.

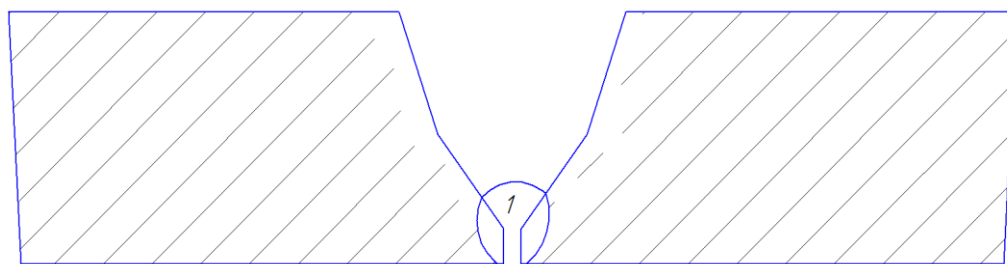


Рисунок 16 – Сварка корневого слоя шва

Способ сварки автоматическая в защитных газах, значит обязательное использование сварщиком защитной маски. Рекомендуется использовать смесь газов Ar 75% и CO<sub>2</sub> 25%, I<sub>св</sub> = 200 А, U<sub>д</sub> = 20 В, V<sub>св</sub> = 19 м/ч, V<sub>пр</sub> = 370 м/ч, Ø = 1,2 мм, Q = 9-12 л/мин. Требуется произвести сварку корневого шва на одном сварочном poste в один проход. После сварки корня шва разрешается сдвиг внутреннего центриатора.

## 2.5 Сварка первого заполняющего слоя

Дальнейшая операция сварка первого заполняющего слоя (рисунок 17).

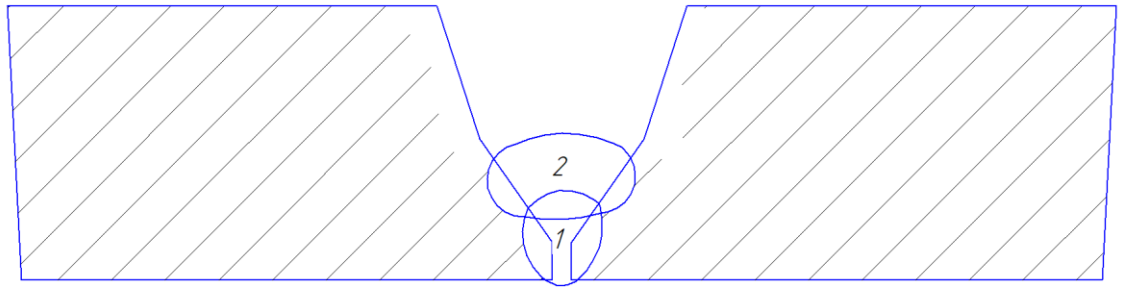


Рисунок 17 – Сварка первого заполняющего слоя

Требуется произвести сварку на одном сварочном poste в один проход, так как у первого заполняющего слоя расстояние между кромками свариваемого металла достаточно для одного прохода. Рекомендуемые параметры сварки:  $I_{ca} = 220$  А,  $U_d = 22$  В,  $V_{св} = 22$  м/ч,  $V_{пр} = 490$  м/ч,  $\varnothing = 1,2$  мм,  $Q = 9 - 12$  л/мин, использовать смесь газов Ar 75% и CO<sub>2</sub> 25%.

## 2.6 Сварка последующих заполняющих слоев

Следующей операцией является сварка последующих заполняющих слоев (рисунок 17).

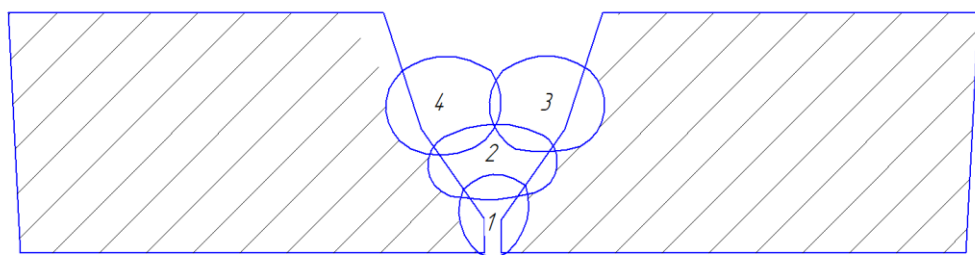


Рисунок 18 – Сварка заполняющих слоев

Для этой сварочной операции требуется произвести сварку в два прохода на разных сварочных постах, так как большое расстояние между свариваемыми кромками, что выполняется на разных сварочных постах. Рекомендуемые параметры сварки:  $I_{св} = 240$  А,  $U_d = 23$  В,  $V_{св} = 24$  м/ч,  $V_{пр} =$

560 м/ч,  $\varnothing = 1,4$  мм,  $Q = 12 - 15$  л/мин, использовать смесь газов Ar 75% и  $CO_2$  25%.

## 2.7 Сварка облицовочного слоя

Предстоящей операцией технологического процесса является сварка облицовочного слоя. Технологические требования для ее выполнения: произвести сварку облицовочного слоя в три прохода на разных сварочных постах, облицовочный слой шва должен быть обеспечен плавным переходом поверхности шва к основному металлу.

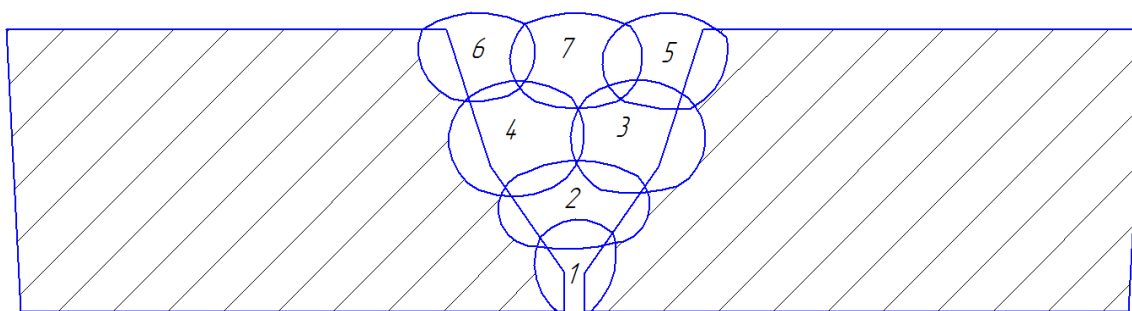


Рисунок 19 – Сварка облицовочного слоя шва

Рекомендуемые параметры сварки:  $I_{ca} = 210$  А,  $U_d = 21$  В,  $V_{св} = 20$  м/ч,  $V_{пр} = 420$  м/ч,  $\varnothing = 1,2$  мм,  $Q = 9 - 12$  л/мин, использовать смесь газов Ar 75% и  $CO_2$  25%.

## 2.8 Контроль качества сварного шва

Следующей операцией технологического процесса является контроль качества сварного соединения. Требования у этой операции: произвести



полный визуальный контроль, после чего произвести полный ультразвуковой контроль.



Рисунок 20 – Ультразвуковой контроль

Для ультразвукового контроля требуется использовать ультразвуковой дефектоскоп.

## 2.9 Внутренний центратор

Для достижения цели выпускной квалификационной работы, требуется подходящие оборудование, которое удовлетворяют требованиям нормативных документов. Одно из оборудований – это внутренний центратор ЦВ-127 (рисунок 21) предназначен для сборки и точной центровки свариваемых труб.



Рисунок 21 – Внутренний гидравлический центратор ЦВ-127

Таблица 3 – Характеристики ЦВ-127

Толщина стенки, мм	Число жимков в одном ряду	Число центрирующих рядов, шт	Суммарное усилие, развиваемое одним центрирующим рядом, кН	Габаритные размеры (длина без штанги, диаметр), мм	Масса (без штанг и ЗИП), кг
10 - 32	16	2	1000 - 1100	3150 x 1220	1700

Внутренний центратор имеет два независимых ряда жимков, по 16 жимков в одном ряду, и электрогидравлический привод. Питание осуществляется от сварочных агрегатов постоянного тока. Характеристики центратора удовлетворяют технологическому процессу сборки и сварки магистрального трубопровода.

## 2.10 Сварочная головка М300

Для соединения трубы в одну конструкцию и для сварки выбранным способом, требуется подходящие сварочное оборудование.



Рисунок 22 – Сварочная головка М300

Таблица 4 – Характеристика сварочной головки М300

Скорость сварки, м/ч	Точность скорости сварки, %	Амплитуда перемещения горелки, мм	Габаритные размеры (Д x В), мм	Масса, кг	Масса применяемых катушек с проволокой, кг
4,572 - 68,58	3	0,00 - 25,4	558 x 381	20	2,7; 4,5

Чтобы сварить все слои сварного шва потребуется сварочная головка М300 (рисунок 22), она часто используется для сварки магистрального трубопровода, т.к. имеет не большие габаритные размеры и не большую массу. Система управления М300 построена на базе микропроцессора, что позволяет гибко учитывать особенности стыка. Такая головка может быть запрограммирована на сварку одного или несколько слоев шва.

## 2.11 Источник питания

Для сварочной головки М300 требуется совместимый источник питания с жесткой вольтамперной характеристикой, например Lincoln Electric INVERTEC STT II (рисунок 23).



Рисунок 23 – Сварочный аппарат Lincoln Electric INVERTEC STT II

Таблица 5 – Характеристики Lincoln Electric INVERTEC STT II

Сеть питания	Номинальная мощность	Потребляемый ток, А	Диапазон скорости подачи проволоки, м/ч	Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм	Масса, кг
380/3/50 - 60	220 А/26 В/ 100 %	36/34/20/19/18	60 - 1320	589 x 336 x 620	53

Такой инверторный источник питания транспортируется на тележки, чтобы обеспечить мобильность транспортировки оборудования и облегчить работу сварочному персоналу. Данный источник питания обеспечивает сварку по технологии STT. Такой процесс постоянно корректирует параметры сварки, а именно параметров тока, что позволяет регулировать тепловложение независимо от скорости подачи проволоки.

## 2.12 Ультразвуковой дефектоскоп

Для контроля качества магистрального трубопровода на трубоукладочной барже, требуется использовать ультразвуковой дефектоскоп. Выбор пал на устройство «ПЕЛЕНГ-415» (рисунок 24).

Таблица 6 – Характеристика ультразвукового дефектоскопа

Диапазон контроля (по стали), мм	Дискрет-ные рабочие частоты, Гц	Диапазон регулировк и усилений, дБ	Размер рабочей части экрана, мм	Габаритные размеры, мм	Электрическое питание: - сеть переменного тока, В, Гц
От 2 до 15000	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0	От 0 до 120	152 x 91	290 x 190 x 100	- 200, 50



Рисунок 24 – Ультразвуковой дефектоскоп «ПЕЛЕНГ-415»

Данное устройство имеет: возможность работы по 8 ультразвуковым каналам, удобное изменение параметров и настроек, автоматическая регулировка усиления, возможность синхронизации с внешними устройствами, прочный корпус для тяжелых условий эксплуатации, возможность подключения внешних USB устройств, встроенный редактор. Такое приспособление позволит быстро и качественно использовать на трубоукладочной барже, для проверки сварного стыка.

### **Выводы по второму разделу**

В выпускной квалификационной работе на тему: «Технологический процесс сварки магистрального трубопровода на трубоукладочной барже» удалось подробно ознакомиться: с разновидностями трубопроводов, способами укладок, регламентами и нормативными документам по сварке магистральных трубопроводов, разрешенными способами сварки магистральных трубопроводов. Так же, были рассмотрены преимущества и

недостатки способов сварки, допустимыми нормативными документами. Путем достижения цели выпускной квалификационной работы будет выбран наиболее подходящего способа сварки и выбора подходящего оборудования.

Для реализации цели был выбран способ автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. В качестве защитного газа используется смесь газов аргона и углекислого газа.

Так же, были выбраны допустимое сборочное оборудование для неповоротного стыка, сварочное оборудование и оптимальное оборудование для контроля качества сварного соединения.

Таким образом, разработанный технологический процесс позволит повысить производительность сварки магистральных трубопроводов на трубоукладочном судне, что и является целью работы.

### **3      Безопасность и экологичность проектного технологического процесса**

#### **3.1    Конструктивно-технологическая характеристика морского магистрального трубопровода**

Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности сварки магистрального трубопровода на трубоукладочной барже. Технологический процесс предусматривает применение автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, а именно в смеси газа аргона и углекислого газа. Выполнение данного технологического процесса предполагает возникновение вредных и опасных, для работника, факторов, воздействию которых может привести к печальным последствиям.

Следуя технологическому процессу данной выпускной квалификационной работы, стоит выявить вредные и опасные факторы, выявить возможность защиты от них с использованием стандартных мероприятий и средств защиты [1].

Выполнение технологического процесса сборки и сварки магистрального трубопровода предоставляет строгое выполнение следующих операций, описанных в таблице 7: подготовка кромок, сборка, предварительный подогрев, сварка, контроль качества.

Для выполнения первой операции технологического процесса используют киянку или резиновый молоток, растворитель «Уайт-спирит».

Для выполнения второй операции применяют внутренний центратор ЦВ-127, штангенциркуль.

Для выполнения третьей операции используют: воздухоохлаждаемый индуктор, пирометр.

Для выполнения сварочных операций используют сварочные головки М300, сварочный аппарат Lincoln Electric INVERTEC STT II, смесь газов аргона и углекислого газа, сварочная проволока 08-Г2С.

Таблица 7 – «Технологический процесс сборки и сварки магистрального трубопровода» [3]

Выполняемые операции	Должность работника	Технологическое оборудование	Вспомогательные материалы и вещества
1) подготовка кромок	Слесарь-сборщик	Киянка	1) Растворитель «Уайт-спирит» 2) Рукавицы
2) сборка труб	Слесарь-сборщик	Гидравлический центратор ЦВ-127	Штангенциркуль
3) предварительный подогрев	Слесарь-сборщик, электросварщик	Воздухоохлаждаемый индуктор	1) Пирометр 2) Воздух сжатый
4) сварка (корня шва, заполняющих слоев, облицовочного слоя)	Электросварщик	Сварочный аппарат Lincoln Electric INVERTEC 2) Сварочная головка М300	1) Проволока Св-08Г2С 2) Смесь газов: Ar 75% и CO <sub>2</sub> 25%
5) контроль качества	Дефектоскопист	1) Набор визуально-измерительного контроля 2) Ультразвуковой дефектоскоп «ПЕЛЕНГ-415»	1) Масло, спирт, кислота или другие растворители 2) Лупа 10х

Для выполнения операции неразрушающего контроля требуется использовать набор визуально-измерительного контроля. После ВИК требуется провести ультразвуковой контроль дефектоскопом «ПЕЛЕНГ-415».

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для идентификации профессиональных рисков требуется провести поиск опасных и вредных факторов, а также их формулировку, которые сопровождают эксплуатацию технологического оборудования, данного технологического процесса, в соответствии с операциями (таблица 8).



Таблица 8 – «Идентификация профессиональных рисков» [3]

Выполняемые операции	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> <li>- заусенцы, шероховатость, острые кромки</li> <li>- подвижные части производственного оборудования,</li> <li>- токсичность летучих паров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- киянка</li> <li>- растворитель</li> </ul>
2) сборка труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- на поверхности заготовок и инструментов: заусенцы, шероховатость, острые кромки</li> <li>- подвижные части производственного оборудования,</li> <li>- Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды, ожоги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гидравлический центратор ЦВ-127</li> <li>- штангенциркуль</li> </ul>
3) предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> <li>- заусенцы, шероховатость, острые кромки</li> <li>- подвижные части производственного оборудования,</li> <li>- Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды, ожоги</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- воздухоохлаждаемый индуктор</li> <li>- пирометр</li> </ul>

Продолжение таблицы 8

1	2	3
4) сварка (корня шва, заполняющих слоев, облицовочного слоя)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- заусенцы, шероховатость, острые кромки</li> <li>- подвижные части производственного оборудования,</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- Чрезмерно высокая температура материальных объектов ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Сварочный аппарат Lincoln Electric INVERTEC</li> <li>2) сварочная головка M300</li> </ul>
5) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- заусенцы, шероховатость, острые кромки</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- ультразвуковое воздействие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) Принадлежности для ВИК</li> <li>2) «ПЕЛЕНГ – 415» - устройство для ультразвукового контроля</li> </ul>

Неблагоприятное воздействие на организм человека факторов трудового процесса может привести к заболеванию и травмам рабочего персонала. Все эти последствия зависят от наличия в условиях труда того или иного фактора. Несоблюдении техники безопасности персоналом может привести к различным последствиям.

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Чтобы снизить профессиональные риски требуется провести поиск применяемых средств и методик (таблица 8).

Таблица 9 – «Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных фактора средства и методики» [3]

Наименование опасного или вредного фактора	Технические требования и методики, применения которых позволит полностью устраивать его или уменьшить до приемлемого уровня	Необходимые средства для индивидуальной защиты рабочего
1	2	3
1) заусенцы, шероховатость, острые кромки	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, а также размещение табличек по технике безопасности	Спецодежда.
2) подвижные части производственного оборудования	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, применение ограждений, которые ограничивают проникновение в опасную, для рабочего персонала, зону	Спецодежда.
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	применение вентиляции для удаления загрязнённого воздуха с обеспечением подачи чистого воздуха	Средства индивидуальной защиты дыхательных путей
4) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций	Спецодежда.
5) повышенное значение напряжения в электрической цепи	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, организация заземления с его периодическим контролем, периодический контроль допустимого сопротивления цепи	Спецодежда.
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, применения защитных приспособлений от инфракрасного излучения	Спецодежда.

Перечисленные средства и методики (таблица 9) позволят уменьшить воздействия производственных факторов при внедрении в производство разработанного технологического процесса.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Для обеспечения пожарной безопасности требуется разработать перечень мероприятий. Эти мероприятия направлены на защиту рабочего персонала и оборудования предприятия. Чтобы разработать этот перечень нужно выполнить идентификацию опасных факторов возможного пожара. Так же, следует предложить стандартные средства и методики для их устранения. На рассматриваемом техническом объекте, пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением, в соответствии с классификацией пожаров.

Чтобы составить перечень средств обеспечивающие пожарную безопасность, нужно выполнить анализ класса пожара, рассматриваемого на данном предприятии (таблица 10).

Таблица 10 – «Идентификация классов и опасных факторов пожаров» [3]

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок сборки и сварка трубопровода	Источник питания сварочного оборудования	Пожары происходящие за счет горения материалов и веществ под электрическим напряжением	Горение токсичных продуктов с выделением угарного газа и повышение температуры на участке	В оборудовании, запитанное электрическим высоким напряжением, возможность короткого замыкания, воздействие которого возможно на рабочий персонал и продуктов возгорания.

В ходе анализа опасных факторов пожара, приведенные в таблице 10, стоит предложить технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность (таблица 11).

Таблица 11 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [3]

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Средства пожарной автоматики	Пожарный инструментальный и немеханизированный	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
Емкости с песком, переносные углекислотные огнетушители	Специализированные расчеты	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Нет необходимости	Ведро конусное, лом, лопатка штыковая	Кнопка оповещения

Приведен перечень необходимой защиты для рабочего персонала и имущества предприятия от возможного пожара.

Таблица 12 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [3]

Наименование участка	Перечень мероприятий Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок сборки и сварки магистрального трубопровода	Инструктаж с рабочим персоналом по технике безопасности, правилам предупреждения о возгорании и действиям в случае возгорания	Необходимость в первичных средствах пожаротушения, которых должно быть в достаточном количестве. Наличие защитных экранов, предназначенные для ограничения разлета искр

Данный перечень (таблица 12) обеспечивает необходимой защиты для проведения соответствующих организационных мероприятий.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности

Технологический процесс сборки и сварки морского магистрального трубопровода не только приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, но и к возникновению вредных экологических факторов. Требуется выполнить идентификацию негативных экологических факторов (таблица 13) и предложить ряд мер защиты от них (таблица 14).

Таблица 13 – «Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса» [3]

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка магистрального трубопровода	Операции, связанные со сборкой и сваркой трубопровода, сборка стыка, сварка стыка, контроль сварного соединения	Частицы сажи и неблагоприятные газы, выделяемые процессом сварки трубопровода	Химические средства	Остатки от упаковок с присадочным материалом, остатки бытового и производственного мусора.

Таблица 14 – «Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами» [3]

Наименование технического объекта	Сварка магистрального трубопровода
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Необходимо оснастить участок вентиляциями, которые позволят выполнить утилизировать выделяемые вредные продукты горения.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Производить регулярный контроль утечек в гидросистеме.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо организовать приспособления для сбора отходов производственного цикла.

Обеспечение экологической безопасности немаловажный фактор, который обязаны соблюдать все предприятия без исключения, ведь несоблюдения мер по защите экологии так же может привести к негативным последствиям для рабочего персонала.

### **Выводы по экологическому разделу**

В разделе выпускной квалификационной работы, который направлен на анализ негативных производственных и экологических факторов при внедрении предлагаемого технологического процесса сборки и сварки магистрального трубопровода на трубоукладочной барже, удалось достичь перечень задач.

В ходе анализа технологического процесса сборки и сварки морского магистрального трубопровода с применением автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, где защитный газ представляет смесь газа аргона и углекислого газа, удалось идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, присущие данному технологическому процессу. Разработан перечень методических указаний позволяющий устранить или снизить вредный и опасный производственный фактор.

Разработан перечень методических указаний для защиты рабочего персонала и имущества предприятия от возможного пожара и предложены стандартные средства для их устранения.

В ходе выполнения также была проанализирована экологичность разработанного технологического процесса при внедрении его на производство. Получилось установить, что внедрении разработанного технологического процесса в производство приведет к возникновению негативных воздействий на окружающую среду. Исходя из этого, были приведены мероприятия, способствующие уменьшению негативного влияния на экологию.

## **4 Оценка экономической эффективности технологического процесса**

### **4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений**

В представленной выпускной квалификационной работе разработан технологический процесс сборки и сварки магистрального трубопровода на трубоукладочной барже, в котором автоматическая сварка порошковой проволокой заменена на более производительную автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Разработанный технологический процесс предусматривает строгое последовательное выполнение следующих операций:

- Подготовка кромок
- Сборка труб
- Предварительный подогрев
- Сварка корня шва
- Сварка первого заполняющего слоя
- Сварка второго заполняющего слоя
- Сварка облицовочного слоя
- Контроль качества сварного шва

Таким образом, в экономическом разделе следует оценить затраты на внедрение разработанного технологического процесса в производство магистрального трубопровода на барже.

Чтобы выполнить экономические расчеты следует привести исходные данные по базовому и разработанному технологическому процессу в таблицу 15.



Таблица 15 – «Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектного технологического процесса по отношению к базовому» [9]

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовому и проектному технологическому процессу	
			Базовый технологический процесс	Проектный технологический процесс
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	$P_p$	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	600	600
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	3200 тыс.	3500 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций	$M_{уст}$	кВт	120	150

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование:				
- норма амортизации оборудования	$H_a$	%	21,5	21,5
-коэффициент транспортнозаготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	6	8
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$C_{э-э}$	Р/ кВт	5,12	5,12
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,8	0,84
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$m^2$	2000	2000
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $m^2$ )/год	-	-
- цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ $m^2$	-	-
- норма амортизации производственных площадей	$H_{a.пл.}$	%	-	-
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	-	-
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33

Данные из таблицы 15 будут использованы для последующих расчетов экономического раздела.

## 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Выполнение операций базового и разработанного технологического процесса подразумевает эксплуатацию рабочего персонала и оборудования. Исходя из этого, требуется произвести расчет фонда заработной платы, затрат на оборудование и определить фонд времени работы оборудования» [9].

«Расчеты фонда времени будут производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет фонда времени производится по следующей формуле» [9]

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}},$$

где « $D_{\text{р}}$  – суммарное число рабочих дней в календарном году» [9];

« $T_{\text{см}}$  – длительность рабочей смены» [9];

« $D_{\text{п}}$  – количество предпраздничных дней» [9];

« $T_{\text{п}}$  – уменьшение продолжительности рабочей смены» [9];

« $K_{\text{см}}$  – принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен» [9].

Для базового и разработанного технологического процесса фонд времени работы оборудования одинаковый.

Значения параметров и коэффициентов с учетом исходных данных:

$$D_{\text{р}} = 240 \text{ дней}, T_{\text{см}} = 8 \text{ часов}, D_{\text{п}} = 7 \text{ дней}, T_{\text{п}} = 1 \text{ час}, K_{\text{см}} = 1.$$

Расчеты, выполненные согласно формуле:

$$F_{\text{н}} = (240 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 1913 \text{ ч.}$$

«Расчет эффективного фонда времени сварочного оборудования производится по следующей формуле» [9]:

$$F_{\text{э}} = F_{\text{н}}(1 - B/100),$$

где « $F_{\text{н}}$  – фонда времени работы оборудования» [9];

«В – процент планируемых потерь рабочего времени» [9].

Значения параметров и коэффициентов:

$$F_n = 1913 \text{ ч}, B = 6\%.$$

Расчеты, выполненные согласно формуле:

$$F_3 = 1913 \cdot (1 - 6/100) = 1798 \text{ ч.}$$

Таким образом,  $F_3 = 1798$  ч. – «расчет эффективного фонда времени сварочного оборудования» [9].

### 4.3 Расчёт штучного времени

«Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций базового и разработанного технологического процесса, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт» [9].

«Расчеты штучного времени будут производиться по формуле из методических указаний [9].

«Расчет фонда времени производится по следующей формуле» [9]

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}},$$

где « $t_{\text{маш}}$  – машинное время» [9];

« $t_{\text{всп}}$  – вспомогательное время» [9];

« $t_{\text{обсл}}$  – время обслуживания рабочего места» [9];

« $t_{\text{отл}}$  – время на отдых и личные надобности» [9];

« $t_{\text{п-з}}$  – подготовительно-заключительное время, учитывается только в мелкосерийном и единичном производствах» [9].

Машинное время, рассчитанное для базового и разработанного технологического процессов согласно формуле:

$$t_{\text{шт.баз}} = 98,71 + 24,67 + 4,93 + 7,89 = 136,2 \text{ мин.} = 2.27 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.разраб.}} = 75,6 + 18,9 + 3,78 + 6,04 = 104,32 \text{ мин.} = 1.73 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы выполнения сварки будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет годовой программы выполнения сварки производится по следующей формуле» [9]:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт},$$

где « $F_{э}$  – эффективный фонд времени сварочного оборудования [9]»;

« $t_{шт}$  – штучное время» [9].

«Готовая программа для базового и разработанного технологического процесса, рассчитанная согласно формуле» [9]:

$$П_{Г.баз.} = 1913/2,27 = 842 \text{ сварных стыков трубопровода за год};$$

$$П_{Г.разраб.} = 1798/1,73 = 1039 \text{ сварных стыков трубопровода за год}.$$

«Расчёт экономической эффективности разработанного технологического процесса будет выполняться для годовой программы  $П_{Г} = 800$  сварных стыков трубопровода в год» [9].

«Расчет необходимого количества оборудования будет производится по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет необходимого количества оборудования производится по следующей формуле» [9]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_{Г} / (F_{э} \cdot K_{вн}),$$

где « $t_{шт}$  – штучное время» [9];

« $П_{Г}$  – годовая программа выполнения сварки» [9];

« $F_{э}$  – эффективный фонд времени сварочного оборудования» [9];

« $K_{вн}$  – коэффициент выполнения нормы» [9].

Значения параметров и коэффициентов с учетом исходных данных:

$$П_{Г} = 800, t_{шт.баз.} = 2.27 \text{ ч}, t_{шт.разраб.} = 1.73 \text{ ч}, F_{э} = 1798 \text{ ч}, K_{вн} = 1,03.$$

«Расчет необходимого количества оборудования, рассчитанное для базового и разработанного технологического процессов согласно формуле» [9]:

$$n_{расч. б} = 2.27 \cdot 800/1798 \cdot 1,03 = 0,98;$$

$$n_{расч. р.} = 1.73 \cdot 800/1798 \cdot 1,03 = 0,74.$$

«Исходя из проведенных расчетов необходимое оборудование  $n_{пр}$ , принимаем по одной единице оборудования для базового и разработанного технологического процесса» [9].

«Расчет коэффициента загрузки оборудования будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет коэффициента загрузки оборудования производится по следующей формуле» [9]:

$$K_z = n_{расч}/n_{пр}.$$

Значения коэффициентов загрузки для базового и разработанного вариантов технологического процесса составляют:

$$K_{з.б} = 0,98/1 = 0,98;$$

$$K_{з.р} = 0,73/1 = 0,73.$$

Таким образом,  $K_{з.б} = 0,98/1 = 0,98$ ;  $K_{з.р} = 0,73/1 = 0,73$  – значения коэффициентов загрузки для базового и разработанного вариантов технологического процесса.

#### **4.4 Капитальные затраты по базовому и разработанному технологическому процессу**

«Расчет капитальных затрат для базового технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет капитальных затрат производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{общ.} = Ц_{об} \cdot K_z$$

где « $Ц_{об}$  – остаточная стоимость оборудования» [9];

« $K_z$  – коэффициент загрузки оборудования» [9].

«Расчет остаточной стоимости оборудования для базового технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет остаточной стоимости оборудования производится по следующей формуле» [9]:

$$Ц_{об} = Ц_{ПЕРВ} - (Ц_{ПЕРВ} \cdot T_{СЛ} \cdot N_A / 100).$$

где « $Ц_{ПЕРВ}$  – рыночная стоимость оборудования» [9];

« $T_{СЛ}$  – срок службы оборудования» [9];

« $N_A$  – норма амортизации оборудования» [9].

«Расчет остаточной стоимости оборудования, рассчитанное для базового технологического процессов согласно формуле» [9]:

$$Ц_{об. б} = 3200000 - (3200000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 1824000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ. б} = 1824000 \cdot 0,98 = 1787520 \text{ руб.}$$

«Расчет капитальных затрат для разработанного технологического процесса будет производится по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет капитальных затрат производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{общ} = K_{об} + K_{пл} + K_{соп}$$

где « $K_{об}$  – общие вложение в оборудование» [9];

« $K_{пл}$  – вложение в производственные площадки» [9];

« $K_{соп}$  – сопутствующие вложения» [9].

«Расчет общих вложений в оборудование для разработанного технологического процесса будет производится по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет общих вложений в оборудование производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{об. р} = Ц_{об} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{з.р}$$

Где « $Ц_{об}$  – цена оборудования» [9];

« $K_{ТЗ}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов» [9];

« $K_{з.р}$  – коэффициент загрузки оборудования» [9].

Расчет общих вложений, рассчитанный для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$K_{об. р} = 3500000 \cdot 1,05 \cdot 0,73 = 2682750 \text{ руб.}$$

«Расчет сопутствующих вложений для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет сопутствующих вложений в оборудование производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}}$$

Где « $K_{\text{дем}}$  – расходы на демонтаж базового оборудования» [9];

« $K_{\text{монт}}$  – расходы на монтаж» [9].

«Расчет демонтаж и монтаж оборудования производится по следующим формулам» [9]:

$$K_{\text{дем}} = Ц_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}}$$

$$K_{\text{монт}} = Ц_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}}$$

Расчет расходов на демонтаж и монтаж, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$K_{\text{дем}} = 3200000 \cdot 0,05 = 160000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 3500000 \cdot 0,05 = 175000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 160000 + 175000 = 335000 \text{ руб.}$$

Расчет расход общих вложений, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$K_{\text{общ. р}} = 2682750 + 335000 = 3017750 \text{ руб.}$$

«Расчет дополнительных капитальных вложений в оборудование производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ. р}} - K_{\text{общ. б}}$$

Расчет дополнительных капитальных вложений, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$K_{\text{доп}} = 3017750 - 1787520 = 1230230 \text{ руб.}$$

«Расчет удельных капитальных вложений в оборудование производится по следующей формуле» [9]:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ. р}} / \Pi_{\text{г}}$$

$$K_{\text{уд. б}} = 1787520 / 10 = 178752 \text{ руб./ед.};$$



$$K_{\text{уд. р}} = 3017750/10 = 301775 \text{ руб./ед.}$$

«Расчет дополнительных капитальных вложений, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле» [9].

#### **4.5 Показатели экономической эффективности**

«Расчет снижения трудоемкости для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет снижения трудоемкости производится по следующей формуле» [9]:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \Delta t_{\text{шт.б}} - \Delta t_{\text{шт.р}} / \Delta t_{\text{шт.б}} \cdot 100\%$$

Расчет снижения трудоемкости, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = 2,27 - 1,73 / 2,27 \cdot 100\% = 23\%$$

«Расчет повышения производительности труда для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет повышения производительности труда производится по следующей формуле» [9]:

$$П_{\text{т}} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / 100 - \Delta t_{\text{шт}}$$

Расчет снижения трудоемкости, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$П_{\text{т}} = 100 \cdot 23 / 100 - 23 = 29\%$$

«Расчет условно-годовой экономики для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет условно-годовой экономики производится по следующей формуле» [9]:

$$П_{\text{рож}} = Э_{\text{у.г}} = (C^{\text{бзав}} - C^{\text{рзав}}) \cdot П_{\text{т}}$$

Так как изготовления магистрального трубопровода очень дорогой процесс необходимо ввести переменную  $x$ , которая будет равна ( $C^{\text{зав}} - C^{\text{рзав}}$ ).

Из вышеизложенного расчет условно-годовой экономики, рассчитанных для разработанного технологического процесса является:

$$P_{\text{рож}} = \Delta_{\text{у.г}} = x \cdot P_{\text{г}}.$$

Расчет условно-годовой экономики, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$\Delta_{\text{у.г}} = 10x.$$

«Срок окупаемости для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Срок окупаемости производиться по следующей формуле» [9]:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \Delta_{\text{у.г}}$$

Срок окупаемости, рассчитанных для разработанного технологического процесса согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = 1230230 / 10x = 123023 / x$$

«Расчет годового экономического эффекта для разработанного технологического процесса будет производиться по формуле из методических указаний» [9].

«Расчет годового экономического эффекта производиться по следующей формуле» [9]:

$$\Delta_{\text{г}} = \Delta_{\text{у.г}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}}$$

$\Delta_{\text{г}} = 10x - 0,33 \cdot 1230230 = 10x - 405976$  руб – расчет условно-годовой экономики, рассчитанного для разработанного технологического процесса.

Согласно выведенной формуле, а именно  $\Delta_{\text{г}} = 10x - 0,33 \cdot 1230230$ , требуется рассчитать годового экономического эффект при внесении разработанного технологического процесса в производство. Данная формула не универсальная и подходит только для данного технологического процесса.

## Выводы по экономическому разделу

В ходе выполнения экономического раздела удалось провести экономические расчеты и выявить экономическую эффективность разработанного экономического процесса: уменьшение трудоемкости на 29%. Не удалось точно рассчитать такие экономические расчеты как повышение производительности труда и уменьшение технологической себестоимости, так как нет доступной информации для их расчета.

Годовой экономический эффект при внедрении разработанного технологического процесса можно будет рассчитать по формуле  $\Delta_r = 10x - 405976$ , где  $x = (C^{\text{бзав}} - C^{\text{рзав}})$ . Подставив неизвестные значения, можно будет рассчитать условно-годовую экономию. Данная формула подходит только для данного, разработанного технологического процесса.

## Заключение

В представленной выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности сварных работ при изготовлении морских магистральных трубопроводов.

В базовом технологическом процессе сборки и сварки морского магистрального трубопровода применяется способ автоматической сварки порошковой проволоки. Недостатки данного способа: высокая стоимость расходных материалов и качество шва ниже, чем у аргонодуговых способов, низкая производительность.

В ходе анализа разрешенных способов сварки магистральных трубопроводов был выбран способ автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Данный способ сварки поможет достигнуть цель выпускной квалификационной работы.

Разработан технологический процесс сборки и сварки морского магистрального трубопровода, где был подобран наиболее подходящий и разрешенный по нормативным документам способ автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Анализ особенностей разработанного технологического процесса позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. В качестве решения разработан перечень мероприятий и предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Годовой экономический эффект при внедрении разработанного технологического процесса можно будет рассчитать по формуле  $E_r = 10x - 405976$ , где  $x = (C^{\text{бзав}} - C^{\text{рзав}})$ .

Вышеперечисленное позволяет сделать вывод о достижении цели. Полученные результаты предлагается внедрить при изготовлении магистрального трубопровода на трубоукладочной барже.



## Список используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
2. Вышемирский Е. М. Техническая политика ПАО «Газпром» в области сварочного производства и неразрушающего контроля качества сварных соединений // В мире НК. 2015. Т. 18. № 4. С. 29-32.
3. Горина Л.Н., Фесина М.И. Раздел бакалаврской работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие (2-е изд. Доп.). - Тольятти: изд-во ТГУ, 2021. –22 с.
4. Горняков Ю.А. Морские трубопроводы / Ю.А. Горняков, А. С. Федоров, Г. Г. Васильев и др. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 131 с.: ил. – ISBN 5-8365-0073-8/
5. Горшкова О. О, Сварка магистральных нефте- и газопроводов // ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ (05.02.00, 05.13.00). С. 7-11.
6. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2020. 39 с.
7. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.
8. Корнеева С.А. Дефекты магистральных трубопроводов // Вестник магистратуры. 2019. № 10-2. С. 1-2.
9. Краснопевцева И.В. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта производственно технологического характера для студентов специальности 150700.02.65 и направления подготовки 15.03.01 / И. В. Краснопевцева. –Тольятти: ТГУ, 2015. –С.3– 22

10. Кремчеева Д. А. Сварка магистральных трубопроводов / Д. А. Кремчеева, Э. А. Кремчеев // Кафедра геоэкологии, горный факультет. Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург – с. 1-3.
11. Мойсов Л. П. Порошковая проволока – сварочный материал XXI века. // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2002. № 9. С. 7-10.
12. Моторин К.В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин. – Тольятти: ТГУ, 2021. – 7 с.
13. Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы XII Международной научно-практической конференции, Астрахань, 3 сентября 2021 года / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2021. – 300 с.
14. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
15. Теоретические основы и технологические особенности дуговой сварки в защитных газах при сооружении магистральных газопроводов : монография / Д.Л. Поправка, О.В. Хицов, С.А. Штоколов; ФГБОУ ВПО КубГТУ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 308 с.
16. Харитонов В.М. Строительство магистральных трубопровода нефти и газа: / Монография: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 488 с.
17. Automated ultrasonic testing of pipeline girth welds, its present status and future developments / C/ Buque // Quarterly Journal of the Japan Welding Society. 2009. Vol. 27. № 2. P. 251s-256s.
18. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119

19. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. 1999. № 5. P. 8–13.
20. Ginzel E. A. Automated ultrasonic testing for pipeline girth welds: A Handbook. Advanced practical NDT series. Olympus, 2006. 366 p.
21. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269–276.