

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 Технология и оборудования для проведения ремонтной сварки под
водой

Студент

Д.Н. Пospelов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

В настоящее время подводная сварка широко применяется в различных отраслях – при ремонте сооружений различного назначения, кораблей и подводных трубопроводов

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной сварки;
- обосновать выбор способа подводной сварки, сварочных материалов и оборудования;
- составить требования к операциям технологического процесса подводной ремонтной сварки трубопровода.

Благодаря проведённому анализу технологических особенностей подводной сварки были идентифицированы опасные и вредные производственные факторы. Анализ выявленных опасных и вредных производственных факторов позволил предложить ряд стандартных средств и методик, направленных на их устранение или уменьшение до приемлемого уровня.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство. Годовой экономический эффект составил 1,5 млн. рублей.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния ремонтной подводной сварки.	5
1.1 Общие сведения о способе и постановка проблемы.	5
1.2 Описание операций базового процесса ремонтной подводной сварки.	8
1.3 Понятие «сухой» и «мокрой» подводной сварки.	10
1.4 Подводная сварка покрытыми электродами	13
1.5 Подводная сварка самозащитной порошковой проволокой	15
1.6 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы.	16
2 Проектная технология подводной ремонтной сварки трубопровода.	18
2.1 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной сварки.	18
2.2 Описание оборудования для подводной сварки.	20
2.3 Сварочные материалы.	25
2.4 Технология выполнения подводной ремонтной сварки трубопровода.	25
2.5 Контроль качества сварки	30
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	32
3.1 Технологическая характеристика объекта	32
3.2 Идентификация профессиональных рисков	34
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	36
3.4 Обеспечение экологической безопасности производства	38
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	41
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	41
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	43
4.3 Расчет штучного времени	44

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	45
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	50
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	52
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

Применение в промышленности подводной сварки началось с середины 30-х годов прошлого века при ремонтной сварке трубопроводов и кораблей. В основном подводная сварка применялась на объектах Министерства обороны СССР. Исследовательские работы в области подводной сварки проводил ИЭС им. Е. О. Патона, где в 1967 году была создана специализированная группа и исследовательская лаборатория.

В настоящее время подводная сварка широко применяется в различных отраслях – при ремонте сооружений различного назначения, кораблей и подводных трубопроводов [10], [12].

Значительное развитие в последнее время получила механизированная подводная сварка самозащитной порошковой проволокой – т.н. «мокрый способ» сварки. Для осуществления этого способа предложены специальные проволоки [25]. Использование «мокрой сварки» получает всё более широкое распространение благодаря простоте выполнения по сравнению с другими разновидностями подводной сварки [34], [35].

С другой стороны, применение «мокрой сварки» встречает ряд трудностей. При подводной сварке по мокрой технологии горение сварочной дуги происходит в парогазовом пузыре, образование которого происходит вследствие диссоциации воды и испарения электрода [1]. Такой парогазовый пузырь вызывает окисление легирующих элементов в металле шва из-за своей водородно-кислородной атмосферы. Также происходит насыщение сварочного шва водородом, что приводит к ухудшению его свойств. Помимо этого тепловой контакт с окружающей сварной шов водой приводит к увеличению скорости охлаждения и получению большого числа закалочных структур [32].

Кроме того, подводная сварка происходит под значительным давлением водяного столба, а сама окружающая дугу среда имеет значительно большую плотность и вязкость, чем при сварке на воздухе.

Плотность жидкой среды вокруг дуги при горячей сварке в 850 раз больше, чем при сварке на воздухе, теплопроводность – в 25 раз, теплоёмкость – 2 4 раза [11].

Если глубина выполнения подводной сварки увеличивается, давление водяного столба на сварочную дугу также увеличивается [18]. Отвод тепла в окружающую воду, действие газов при разложении воды и повышенное давление при сварке нарушает стабильность горения дуги при подводной сварке [16], [17].

Существенное влияние на стабильность горения дуги при подводной сварке оказывает диаметр сварочной проволоки и характер переноса электродного металла. Для получения высокого качества сварного шва требуется обеспечить мелкокапельный перенос электродного металла.

До настоящего времени не разрешены вопросы получения прочноплотных швов при подводной сварке и обеспечения стабильного горения дуги.

Проведённый краткий обзор позволяет признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить анализ результатов, полученных отечественными и зарубежными исследователями, ведущими работы в области повышения качества подводной сварки.

1 Анализ современного состояния ремонтной подводной сварки

1.1 Общие сведения о способе и постановка проблемы

Подводная сварка впервые предложена Н. Н. Бенардосом и Д. А. Лачиновым в 1887 году, для этого предлагалось использовать угольный электрод, выполняли резку и сварку под водой [22]. Исходя из этой информации можно заключить, что история сварки под водой насчитывает порядка 125 лет. Однако свое развитие сварка под водой получила с 40-х годов прошлого века, когда возникла необходимость проведения монтажных и ремонтных сварочных работ при освоении нефтяных месторождений Каспия. Также строительство трубопроводов с необходимостью их прокладки под водой при прохождении преград в виде рек и озёр способствовало развитию подводной сварки в нашей стране. Кроме того, после Великой Отечественной войсковой спецоперации возникла необходимость восстановления объектов промышленности и народного хозяйства, для проведения которых также понадобилась подводная сварка. Исходя из этого, можно считать, что толчок к развитию подводная сварка получила с начала 50-х годов прошлого столетия, когда экстремальные условия работы сварщика-водолаза, представленные на рисунке 1, не могли помешать проведению ремонтных и строительных работ.

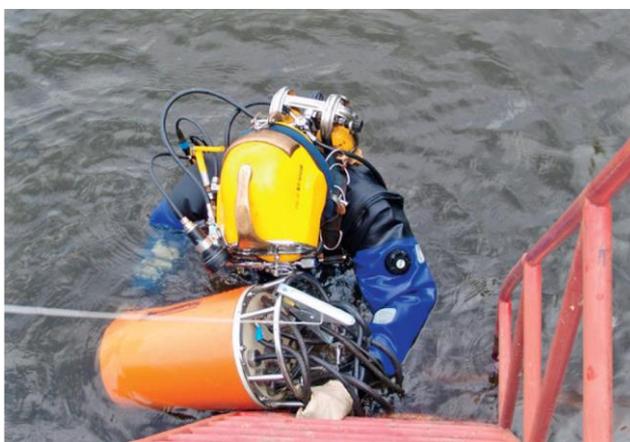


Рисунок 1 – Внешний вид работы водолаза-сварщика при выполнении подводной ремонтной сварки (спуск под воду с оборудованием)



Рисунок 2 – Подводная сварка трубопровода

В качестве «примеров применения подводной сварки может быть приведена уникальная технология строительства стационарных оснований причалов, ремонту подводных переходов нефтепроводов и газопроводов, устранении аварий на корпусах судов без их загона в ремонтный док, расчистке прибрежных акваторий при разделке затонувших судов» [11], [14].

Значительную роль подводная ремонтная сварка играет при проведении работ по поддержанию работоспособности подводных трубопроводов – нефтепроводов и газопроводов, процесс которой представлен на рисунке 2.

1.2 Описание операций базового процесса ремонтной подводной сварки

При толщине стенки трубы более 5 мм, если на ней обнаружена раковина, выполняют заварку раковины. При толщине стенки трубы менее 5 мм применяют ремонтные муфты. В случае обнаружения на стенке трубы множественной коррозии следует выполнить общую наплавку поверхности, которая позволит восстановить толщину стенки трубы до номинальной.

При исправлении отдельно расположенных раковин желательно выполнять заварку каждой раковины отдельно.

Ввиду того, что сварочные работы под водой проходят в условиях недостаточной видимости и ограниченности движений сварщика-водолаза, выполнение ремонтной сварки крайне трудоёмко. В связи с этим особое внимание следует уделять подготовке поверхностей деталей перед ремонтной сваркой.

Место ремонтной сварки необходимо зачистить до металлического блеска, удаляя загрязнения, ржавчину и краску. Следует обеспечить тщательную подгонку деталей с получением минимальных зазоров.

Перед выполнением заварки необходимо выполнить зачистку раковины с применением проволочной щётки, удаляя все загрязнения и обрастания. После этого выполняют подрубание зубилом или подготовку с применением электрокислородной строжки.

При ремонтной заварке каждый валик следует тщательно очищать с применением проволочной щетки. Валики последовательно наплавляют, заполняя разделанную раковину.

Одной из проблем сварки под водой является образование холодных трещин. Для предотвращения их образования следует обеспечить проведение ряда мероприятий [7], [33].

Во-первых, следует уменьшить чувствительность микроструктуры зоны термического влияния к водороду. Особенно склонны к этому мартенсит и бейнит, характерные для низколегированных сталей повышенной прочности.

Во-вторых, следует обеспечить снижение уровня диффузионного водорода, который переходит в зону термического влияния из металла сварного шва.

В-третьих, следует минимизировать получение в зоне сварного соединения растягивающих напряжений.

Как показали проведённые исследования [24] основную роль в образовании холодных трещин при подводной сварке играют первые два фактора – закалочные структуры и диффузия водорода из сварного шва. Третьи фактор несколько снижается из-за кратковременности пребывания металла при

повышенной температуре. Но, несмотря на это, при подводной сварке достаточно частым явлением становится образование подваликовых трещин.

1.3 Понятие «сухой» и «мокрой» подводной сварки

Разделение подводной сварки на «сухую» и «мокрую» проводится исходя из условия её проведения [19].

Схема выполнения «мокрой» сварки представлена на рисунке 3, она предполагает горение дуги в естественном газовом пузыре, который образуется при испарении и разложении воды, при этом не предусматривается никакой дополнительной защиты зоны сварки от попадания в неё воды. «Мокрую» сварку выполняют с применением штучных электродов и сварочной проволоки. Применение штучных электродов при «мокрой» сварке существенно усложняется необходимостью прерывать процесс сварки при смене электрода. Применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой позволило увеличить производительность и повысить качество выполнения «мокрой» подводной сварки [21].

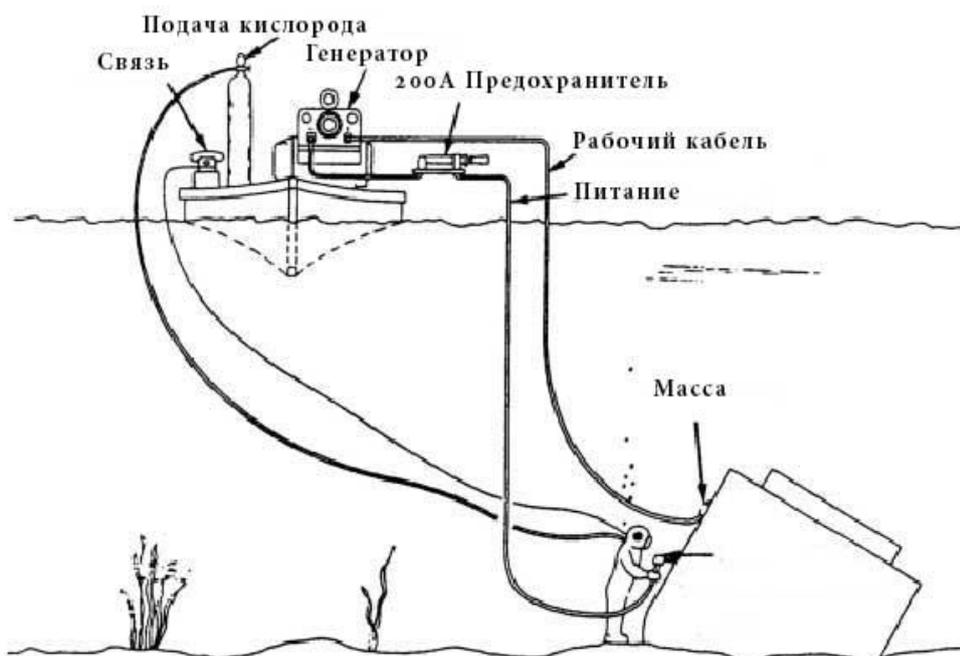


Рисунок 3 – Схема выполнения «мокрой» подводной сварки

Самым известным полуавтоматом для проведения механизированной подводной сварки является «Нептун-7», который был разработан в ИЭС им. Е. О. Патона. Этот полуавтомат, представленный на рисунке 4, может стабильно работать на глубине 180...200 метров. Это максимальная глубина, на которую может опуститься водолаз, оснащённый современным глубоководным оборудованием [31].

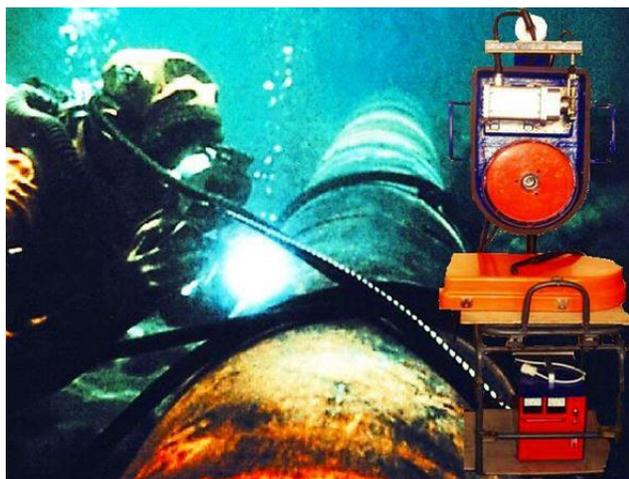


Рисунок 4 – Подводная сварка полуавтоматом «Нептун-7»

Выполнение «мокрой» подводной сварки не требует применения сложных дополнительных устройств помимо сварочного аппарата и погружного снаряжения водолаза-сварщика. «Мокрая» сварка характеризуется относительно малой стоимостью выполнения работ и высокой мобильностью. В качестве недостатков «мокрой» сварки следует выделить повышенную склонность к получению таких дефектов сварки, как поры и трещины, что объясняется уменьшением содержания легирующих элементов в сварном шве и его наводороживанием. Кроме того, «мокрая» сварка приводит к образованию нежелательной структуры в металле сварного шва и зоны термического влияния, что объясняется высокой скоростью охлаждения сварного шва. Также при «мокрой» сварке затруднено формирование шва при сварке в потолочном положении. Таким образом, недостатки «мокрой» сварки

позволяют использовать её только как крайнюю и временную меру при исправлении дефектов на опасных объектах.

Исходя из вышеизложенного подводную сварку можно проводить по одному из трёх способов [2].

Первым способом является «сухая» сварка, которая предусматривает проведение сварочных работ в специальной глубоководной камере, погружаемой на глубину и закрепляемой относительно изделия. В этом случае часть свариваемого изделия и сам сварщик располагаются внутри глубоководной камеры (кессона). При «сухой» сварке имеется возможность свободного перемещения сварщика относительно изделия, что позволяет выполнять сварку в труднодоступных местах. В качестве недостатка такой организации процесса подводной сварки следует выделить высокую стоимость, которая объясняется необходимостью применения дополнительного оборудования. К такому оборудованию относят судно, кран, сам кессон и устройства подачи воздуха. Качество сварных швов, получаемых при «сухой» подводной сварке соизмеримо с качеством швов, полученных на суше в естественных условиях.

Вторым способом является описываемая ранее «мокрая» сварка под водой. При такой организации процесса сварщик-водолаз погружается на глубину и находится там в течение всего процесса сварки. «Мокрая» сварка более простая по организации, чем «сухая», так как не требует применения дорогостоящего оборудования и техники. Однако при «мокрой» сварке качество швов существенно ниже, чем при «сухой» сварке. Поэтому, несмотря на экономичность и мобильность «мокрой» сварки, её применение при выполнении ремонтных работ на опасных объектах ограничено.

Третьим способом является гипербарическая сварка, которая предусматривает проведение сварки в специальной герметичной камере, в которой формируется газовая среда, а вода вытесняется. Сварщик-водолаз находится около этой камеры и выполняет все манипуляции под водой. Сварку ведут с применением механизированных способов сварки (сварка в защитных

газах и порошковой проволокой). Для получения качественного соединения необходимо обеспечить плотное прилегание защитной камеры к свариваемым элементам [4].

1.4 Подводная сварка покрытыми электродами

Для выполнения подводной сварки длительное время применялись покрытые электроды марок ЭПО-55, ЭПС-52, ЭПС-А, ЛПС-4, ЛПС-5, ЛПС-5, ЭПС-5, ЭПС-35, которые были разработаны ещё в 40...50-х годах прошлого века [19], [20]. Сварка электродами под водой сопровождалась получением большого числа дефектов, горение дуги было неустойчивым. Сварные валики получались с грубой чешуйчатостью, отделение шлаковой корки затруднено. При выполнении многопроходной сварки второй и последующие слои формируются со значительным количеством дефектов.

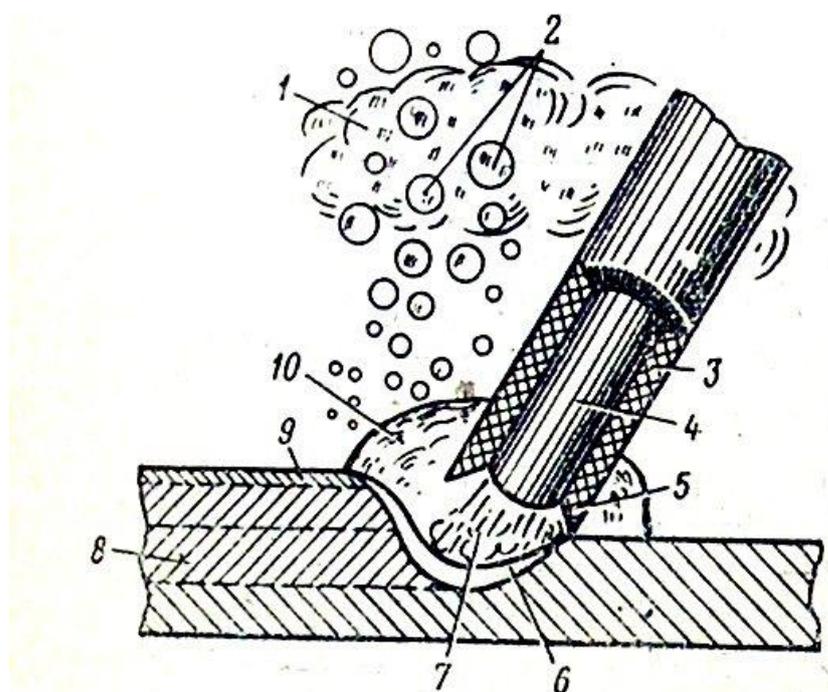
При подводной сварке лучшее качество получалось при использовании электродов ЭПС-52. Качество и прочностные свойства сварного шва соответствовали сварки на воздухе с применением электродов Э34. В настоящее время электроды ЭПС-52 выпускаются на предприятии «28-й военный завод» в г. Ломоносов. Для сварки под водой корпусов судов предназначены электроды ЭПС-А, которые позволяют сваривать стали повышенной прочности. При этом следует учитывать, что качественные сварные соединения получаются при сварке в нижнем и вертикальном положении.

Схема выполнения подводной мокрой сварки штучными электродами представлена на рисунке 5.

Преимуществами «мокрой» сварки штучными электродами являются:

- высокая мобильность сварщика относительно изделий и ремонтируемых узлов;

- нет необходимости применения специального сварочного оборудования, для сварки требуются передвижные агрегаты с автономным приводом;
- возможность выполнения корневого слоя шва с обратным формированием валика;
- малая масса и габариты оборудования, которое необходимо погружать под воду при осуществлении сварки;
- при сварке электродами под водой защита капли расплавленного металла лучше, чем при сварке порошковой проволокой.



1 – облако аэрозоля (муть), 2 – пузырьки газа из парогазового пузыря, 3 – обмазка электрода, 4 – стержень электрода, 5 – козырёк, 6 – расплавленный металл, 7 – сварочная дуга, 8 – наплавленный металл, 9 – шлаковая корка, 10 – парогазовый пузырь

Рисунок 5 – Схема мокрой подводной сварки штучными электродами

В числе недостатков «мокрой» сварки под водой следует указать:

- малая производительность процесса сварки;
- малая стабильность прочностных и качественных характеристик сварного соединения;
- значительное количество газовой фазы и взвеси, которые затрудняют визуальный контакт сварщика и места сварки.

В настоящее время на рынке сварочных материалов появились электроды Э38-ЛКИ-1П, которые предназначены для сварки под водой конструкций из низкоуглеродистых и легированных сталей. Эти электроды выпускаются на предприятии АО «Электронный завод» и разработаны совместно с Санкт-Петербургским морским техническим университетом.

В институте электросварки имени Е. О. Патона предложена газошлаковая композиция для изготовления новых покрытий электродов, предназначенных для сварки под водой [6], [28]. Электроды ЭПС-АН1 позволяют получать сварочные валики с хорошим качеством и прочностными характеристиками, они предназначены для подводной сварки на глубине до 20 метров и позволяют получать соединения по прочности на уровне электродов Э42. Электроды ЭПС-АН1 по своим характеристикам превосходят электроды Э38-ЛКИ-1П.

1.5 Подводная сварка самозащитной порошковой проволокой

В рамках совместной работы с ВМФ ВСУ была разработана самозащитная проволока для подводной сварки ППС-АН1 и ППС-АН5 [6],[28]. Конструкция этой проволоки позволяет её размещение в полости подающего механизма в среде воды. Применение этой проволоки делает ненужным использование защитного газа, при этом существенно уменьшается объём газовой фазы и взвесей, что улучшает видимость зоны сварки.

Для подводной сварки в ОТКБ ИЭС Е. О. Патона разработан специализированный сварочный полуавтомат, который может эксплуатироваться на значительной глубине. Модификации этого полуавтомата А1450 и ПШ141 успешно испытаны и внедрены при проведении ремонтных работ ВМФ ВСУ. Серийный выпуск этих полуавтоматов налажен в Украине на Опытном заводе сварочного оборудования. Кроме этого для гражданских нужд разработаны и внедрены полуавтоматы А1660 и ПШ146.

Проволока ППС-АН1 предназначена для сварки в пресной воде. Проволока ППС-АН5 предназначена для сварки в солёной воде. При сварке под водой конструкций из стали 09Г2С и 19Г обеспечивается прочность на уровне соединений, полученных на воздухе электродами Э42. Такие результаты получены при сварке на глубине до 20 метров, увеличение глубины приводит к ухудшению свойств металла сварного шва.

При сварке в солёной морской воде наблюдается наводораживание металла сварного шва и снижение стабильности горения дуги. Поэтому в числе компонентов сердечника самозащитной проволоки применяются шлаковые систем с высоким содержанием фторидов. В работе [5] представлены результаты исследования эффективности применения фтористых соединений, которые при взаимодействии с парами воды образуют термически устойчивый фтористый водород, что приводит к снижению содержания водорода в сварном шве. Однако, как показано в работах [23], [29], фтористые соединения ухудшают стабильность горения дуги и вызывают крупнокапельный перенос электродного металла.

Повышение стабильности горения дуги при подводной сварке может быть получено за счёт введения в состав электродного материала щелочноземельных и редкоземельных металлов, которые обладают низким потенциалом ионизации [36]. Исследования по повышению стабильности горения дуги с применением таких добавок проводились при сварке низколегированных сталей. Применительно к подводной сварке высоколегированных и коррозионно-стойких сталей подобные исследования проведены не были.

1.6 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель - повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение «мокрой» сварки штучными электродами, которая имеет ряд недостатков:

- малая производительность выполнения сварочных работ;
- плохая видимость зоны сварки из-за большого количества газовой фазы и мутной взвеси;
- существенная зависимость качества сварки от квалификации сварщика-водолаза;
- прерывание процесса сварки при замене электрода, что ухудшает качество сварных швов;
- плохая отделяемость шлака, что ухудшает качество многопроходной сварки.

Устранение указанных недостатков возможно при условии применения способа, который сочетает в себе преимущества «мокрой» и «сухой» сварки.

На основании вышеизложенного следует выполнить постановку задач на выполнение выпускной квалификационной работы:

- поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной сварки;
- обосновать выбор способа подводной сварки, сварочных материалов и оборудования;
- составить требования к операциям технологического процесса подводной ремонтной сварки трубопровода.

Кроме решения поставленных задач следует провести экологическую экспертизу предложенных решений на предмет безопасности для работников и окружающей среды.

Кроме того, следует выполнить экономическое обоснование эффективности предлагаемых решений при их внедрении в массовое производство.

2 Проектная технология подводной ремонтной сварки трубопровода

2.1 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной сварки

Для анализа содержания научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной ремонтной сварки следует выполнить поиск источников с использованием системы GOOGLE по ключевым словам «Автоматическая сварка», «Сварочное производство», «подводная сварка», «диссертация», «научная статья».

В первой работе «проведен анализ состояния подводной сварки и резки в Украине. Установлено, что основным способом подводной сварки в настоящее время является мокрая сварка покрытыми электродами. Практически все металлоконструкции под водой в Украине разрезаются с применением электрокислородной резки трубчатыми электродами. Другие способы подводной резки за последнее время не использовались» [13].

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса (обзор существующих способов подводной сварки) и составлении введения (доказательство актуальности темы).

Во второй работе «проведены исследования влияния компонентов-стабилизаторов на стабильность горения дуги при мокрой подводной сварке высоколегированных коррозионно-стойких сталей типа 18-10. Исследованы сварочно-технологические свойства опытных проволок. Проанализированы результаты и определен компонент, который наиболее эффективно влияет на стабильность горения дуги» [9].

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса (обзор существующих способов подводной сварки) и составлении проектной технологии подводной сварки.

В третьей работе [8] изучено влияние состава шихты порошковой самозащитной проволоки на стабильность горения дуги при подводной мокрой сварке.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса (обзор существующих способов подводной сварки) и составлении проектной технологии подводной сварки.

В четвёртой работе «приведены результаты исследования изменений химического состава и структуры металла шва при мокрой дуговой подводной сварке стали 12X18H10T покрытыми электродами. Показано, что в отличие от сварки на воздухе в металле швов при подводной сварке повышается содержание кислорода и водорода при одновременном снижении количества элементов-ферритизаторов. При этом структура металла шва характеризуется наличием преимущественно столбчатых кристаллитов, пониженной долей зернограничного δ -феррита и повышенной объемной долей оксидных неметаллических включений, количество которых с дисперсностью 0,10...1,25 мкм возрастает в 1,5...2 раза» [30].

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса (обзор существующих способов подводной сварки) и составлении проектной технологии подводной сварки.

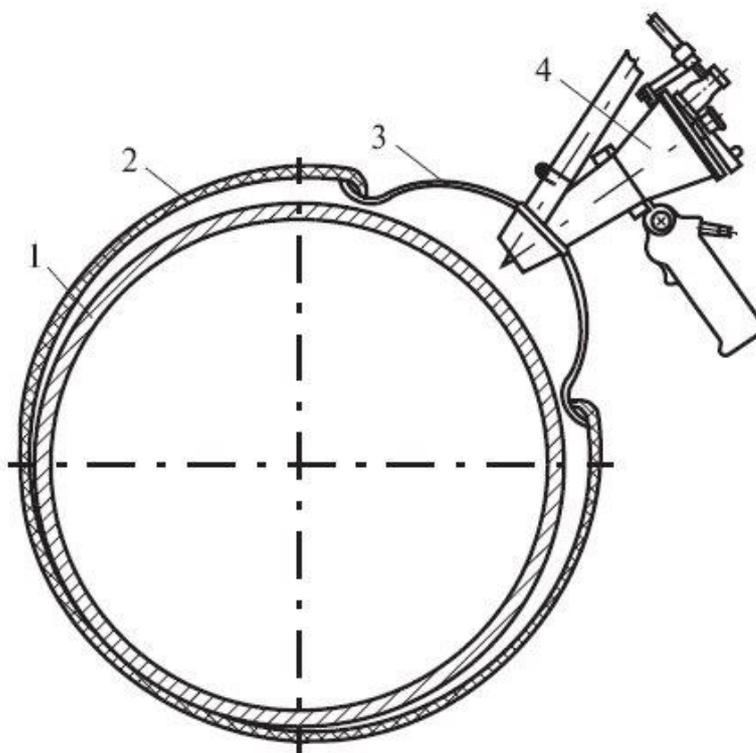
В пятой работе «с использованием искусственных нейронных сетей проведена оценка качества сварных соединений, выполненных под водой, с четырьмя типами дефектов сборки: превышением кромок, изменением расстояния горелка – деталь, изменением зазора между деталями и наличием прихваток. Показана эффективность применения нейронных сетей для указанных типов дефектов, за исключением изменения зазора между свариваемыми кромками» [26].

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии подводной сварки.

2.2 Описание оборудования для подводной сварки

Стабильная сухая газовая среда обеспечивается при подводной сварке при помощи накидной камеры, которая неподвижно закрепляется на месте сварки. Конструкция камеры, представленная на рисунке 6, обеспечивает её плотное прилегание к месту сварки и герметичность. Сварочную горелку вводят в камеру через специальный люк. Вытеснение воды из объёма камеры выполняется при помощи подаваемой в камеру газовой смеси под большим давлением. «Для наблюдения за процессом сварки камеру полностью или частично изготавливают из прозрачного пластика.

Через прозрачные стенки камеры можно наблюдать за процессом сварки, а манипуляции со сварочной горелкой проводить через перчаточный шлюз. Изготовление камер выполняют по специальному заказу перед проведением сварочных работ» [31].



1-ремонтируемая конструкция; 2-стяжной пояс; 3-эластичная мембрана; 4-горелка

Рисунок 6 – Конструкция гибкого мини-кессона

«Механизированная сварка с применением локальных систем защиты требует применение полуавтоматов, конструкция которых практически не отличается от полуавтоматов для проведения «мокрой» сварки. Такой полуавтомат, представленный на рисунке 7, включает в себя источник питания сварочного тока, погружной механизм подачи электродной проволоки, сварочную горелку с гибким шлангом, блок управления, комплект токогазовых коммуникаций» [31].



Рисунок 7 – Полуавтомат для подводной механизированной сварки

В качестве источника питания применяется ДС 400.33 М, который является инверторным источником, позволяющим обеспечить питание сварочной дуги при сварке на токе до 400 А. независимо от длины силовых кабелей и перепадов питающего напряжения источник поддерживает заданные параметры режима сварки.

Питание функциональных устройств комплекса выполняется от блока управления. Он же обеспечивает пуск и остановку подачи сварочной проволоки, управление скоростью подачи проволоки, отслеживает появление возможных неполадок сварочного оборудования и соблюдение параметров

режима сварки. Блок управления в процессе сварки находится на поверхности. Привод подачи проволоки управляется по классической схеме, предусматривающей регулирование ЭДС двигателя, система управления комбинированная – отрицательная обратная связь по току и положительная обратная связь по напряжению.

Блок управления работает в двух режимах. В первом режиме, являющемся двухконтактным, при нажатии и удержании кнопки управления происходит подача сварочной проволоки. Вторым режимом – четырёхконтактным, при котором для подачи проволоки требуется кратковременное нажатие на кнопку управления, а для прекращения подачи – тоже кратковременное нажатие кнопки управления.

При проведении сварки источник питания и блок управления располагаются над поверхностью воды, управление процессом сварки происходит при помощи специальных контрольно-измерительных приборов, а оперативная связь происходит по радио.

Погружной блок выполнен в виде стального герметичного чехла, в котором имеются вводы для проводов цепи управления и подачи энергии. Внутри погружного блока помещен механизм подачи проволоки и катушка с электродной проволокой. При проведении подводной сварки этот погружной блок располагают в непосредственной близости от места сварки, а внутри него постоянно поддерживается давление воздуха, в полтора раза больше давления окружающей воды.

Сварочная горелка для выполнения гипербарической сварки значительно сложнее чем горелка для выполнения подводной «мокрой» сварки. Горелка представлена на рисунке 8. На горелке предусмотрено крепление специального окна для визуального наблюдения за сваркой.

Сама горелка выполняется в виде пистолета, у которого на конце ствола помещена съёмная насадка со светофильтром. Регулирование расхода защитного газа выполняется при помощи регулирующего вентиля, расположенного на горелке. Также на горелке имеется узел фиксации на

защитной мембране. Помимо этого на горелке размещена кнопка включения подачи электродной проволоки, управления сварочным током. Шланги подвода сварочного тока и электродной проволоки крепятся к горелке при помощи специальных хомутов.



Рисунок 8 – Горелка для сварки плавящимся электродом в гибком мини-кессоне: со стороны сопла (а) и окна визуального наблюдения (б)

«В гибком шланге горелки общей длиной до 2 м располагается стальная спираль или пластиковая трубка, по которой плавящаяся электродная проволока подается к контактному наконечнику сварочной горелки.

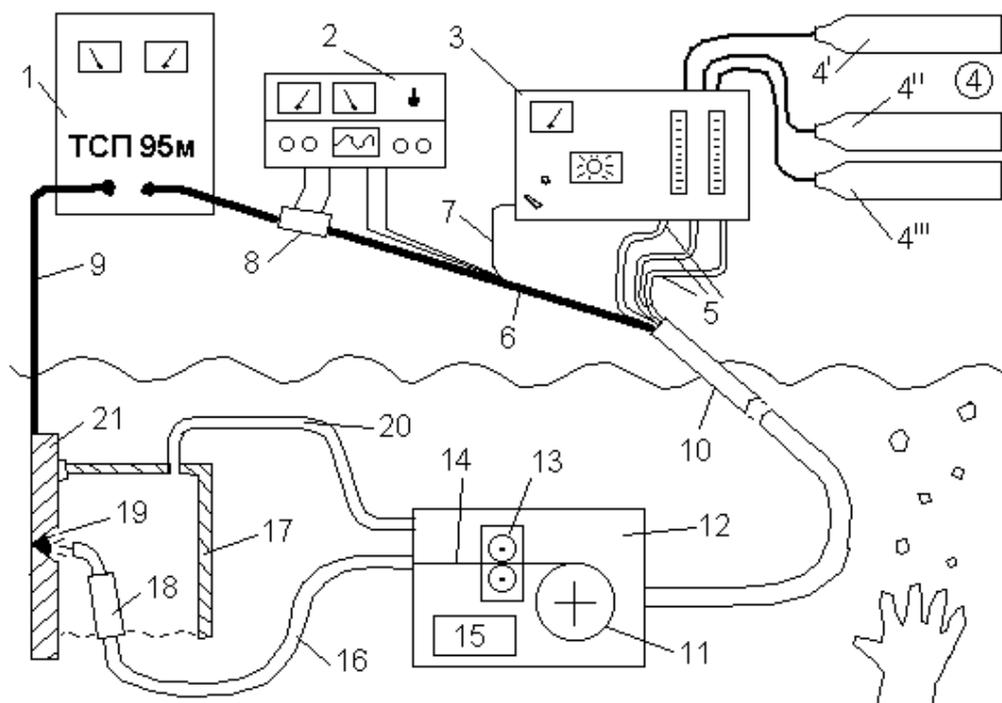
Кабель управления обеспечивает работу механизма подачи электродной проволоки. В погружной блок кабель входит через герметичный ввод. Токогазовые коммуникации обеспечивают работу подсоединенного к горелке и участку трубопровода сварочного источника, находящегося на поверхности, и подачу защитного газа в кессон и горелку» [13].

Техническая характеристика аппарата для подводной сварки представлена в таблице 1.

Состав сварочного оборудования для проведения подводной гипербарической сварки представлен на рисунке 9.

Таблица 1 – Техническая характеристика аппарата для подводной сварки УПСС-1

Параметр	Значение
«Напряжение питания, В	380 (трехфазное, переменный ток)
Потребляемая мощность, кВт	менее 25
Максимальный сварочный ток, А	400
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8...2,0
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	до 14
Масса установки с кабелем длиной до 70 м, кг	до 104
Масса сварочного источника, кг	до 44
Масса блока погружного, кг	25
Масса блока управления, кг	до 4
Габаритные размеры сварочного источника, мм	610 × 280 × 535
Габаритные размеры блока погружного, мм	4090 × 335
Габаритные размеры блока управления, мм	260 × 222 × 131
Масса токогазовых коммуникаций, кг» [13]	до 75



- 1 – «источник питания сварочной дуги; 2 – контрольно-измерительная аппаратура; 3 – блок управления подачей газа, скорость и сварочной проволоки; 4 – баллоны с защитным газом (4' – на агрегат подачи проволоки; 4'' – на сварочную головку; 4''' – в мини-кессон); 5 – шланг подачи защитного газа; 6 – силовой кабель; 7 – шланг подачи сварочной проволоки; 8 – шунт; 9 – «земля»; 10 – центральный кабель; 11 – катушка с проволокой; 12 – подводный агрегат подачи проволоки; 13 – тянущие валки; 14 – сварочная проволока; 15 – мотор агрегата подачи проволоки; 16 – герметичный шланг-кабель; 17 – мини-кессон; 18 – головка полуавтомата; 19 – сварочная дуга; 20 – подача газа в мини-кессон; 21 – свариваемое изделие» [13]

Рисунок 9 – Оборудование для сухой глубоководной механизированной сварки в мини-кессоне (гипербарической сварки)

Установка для гипербарической сварки УПСС-1 выполнена в исполнении У2 согласно ГОСТ 15150. Источник сварочного тока и блок управления могут эксплуатироваться при температуре окружающего воздуха $-40...+40^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность может составлять $15...80\%$. Погружной блок может функционировать при температуре воды $+5...+40^{\circ}\text{C}$ и внешнем давлении до 600 кПа. Аппаратура позволяет выполнять традиционную сварку в надводном положении, для чего оснащена дополнительно горелкой. Также возможно проведение «мокрой» сварки (без использования миникессона), при этом возможно применение проволок ППС-АН1 (для пресной воды) или ППС-АН5 (для морской воды).

2.3 Сварочные материалы

Подводная гипербарическая сварка и ремонтная наплавка труб может осуществляться на трубопроводах, выполненных из сталей классом прочности до K54 включительно. При этом рекомендуется «применение сварочной проволоки Св-08Г2С или Super Arc L-56. Если выполняется ремонтная сварка и наплавка труб классом прочности до K60 включительно, применяется проволока сплошного сечения Lincoln Supra Mig, K-600 (Union K Nova-Ni), Thyssen K-Nova (TS-6) или ОК Autrod 12.66» [13].

В качестве защитной среды применяется газовая смесь из 80 % аргона и 20 % углекислого газа. Допускается также применение чистого углекислого газа высшего сорта.

2.4 Технология выполнения подводной ремонтной сварки трубопровода

Перед проведением заварки дефектного места следует провести выборку механическим способом. Наружная поверхность труб должна зачищаться до металлического блеска на расстоянии до 15 мм от места

ремонтной сварки, а выборка должна иметь заданную форму. В процессе выборки необходимо добиваться полного удаления дефектного места на глубину до 1 мм от залегания этого дефекта. Выборку дефектного места проводят с применением фрез и шлифовальных машинок, которые работают от гидравлического привода. Эти инструменты представлены на рисунке 10.



Рисунок 10 – Подводное оборудование с гидравлическим приводом для выборки дефектов

Размеры выборки в месте устранения дефекта для участка прямоугольной формы представлены на рисунке 11.. Размеры выборки в месте устранения дефекта для участка круглой или овальной формы представлены на рисунке 12.

Для того, чтобы обеспечить сплавление по кромкам при интенсивном отводе теплоты, который наблюдается при подводной сварке, следует выполнять выборку чашеобразной формы. Размеры такой выборки на 30 мм должны превышать фактические размеры дефектного участка.

В зависимости от расположения дефектного участка на трубопроводе изменяется угол разделки. Если выборка выполняется в верхнем или нижнем участке сечения трубы, то применяется разделка со скосом 25...30°. Если выборка выполняется на боковой части трубы, то разделка несимметричная – скос 30...40° в верхней и 10...15° в нижней части разделки.

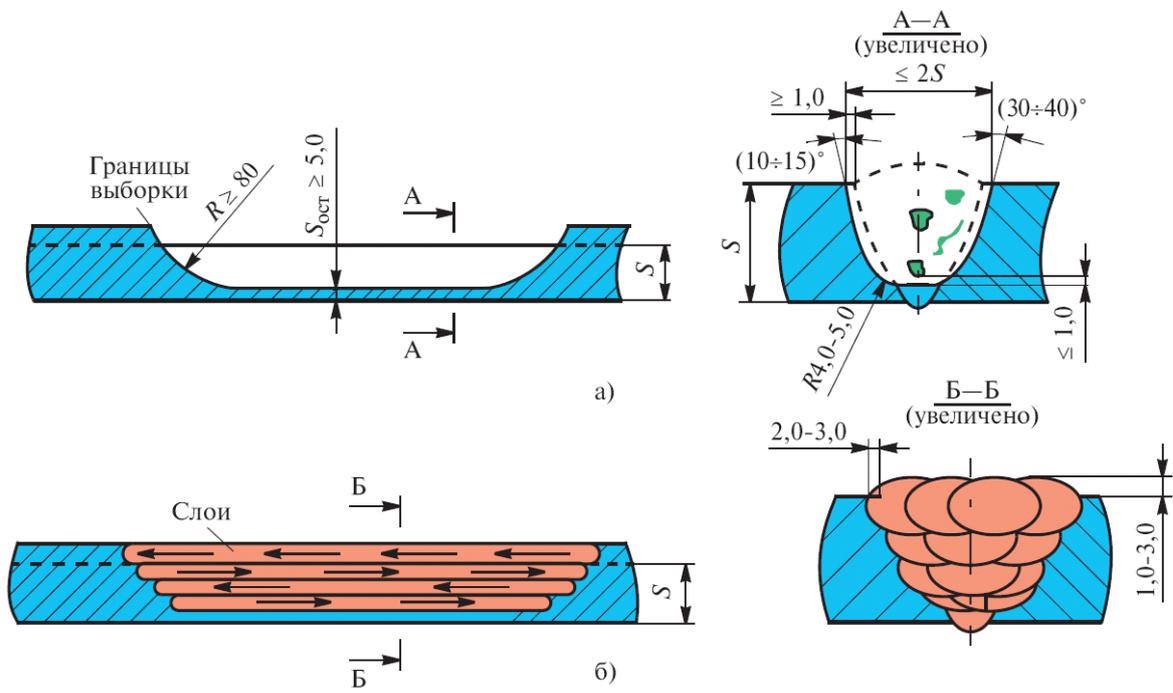


Рисунок 11 – Параметры выборки (а) и заполнения дефектного участка прямоугольной формы

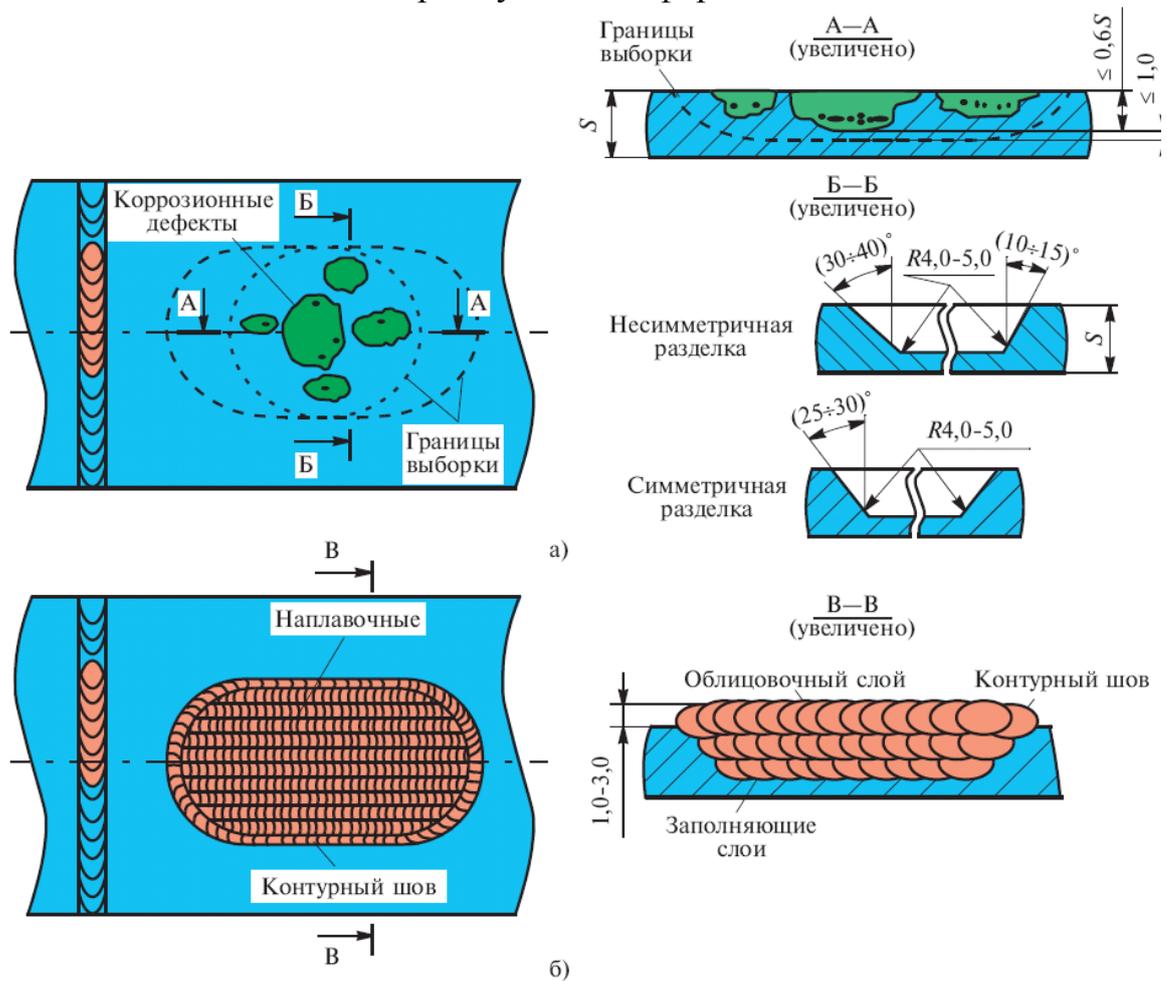


Рисунок 12 – Порядок выборки (а) и заполнения (б) дефектного участка круглой или овальной формы

Непосредственно перед сваркой следует выполнить предварительный подогрев выборки. Для этого применяются специальные нагревательные устройства. Температура предварительного подогрева зависит от толщины и материала стенки трубопровода.

«Для ремонтной сварки применяют постоянный ток обратной полярности. Сварку ведут узкими валиками по встречно-симметричной схеме, которая предусматривает наложение валиков в каждом слое в направлении встречном предыдущему. При наплавке обеспечивают перекрытие валиков 2...3 мм. Первые заполняющие слои должны быть шириной 4...6 мм, последующие заполняющие слои должны быть шириной 8...10 мм. Облицовочный слой должен иметь выпуклость 1...3 мм и перекрывать основной металл на 2...3 мм. Контурный шов должен быть шириной 8...12,6 мм и перекрывать основной металл на 2...3 мм» [27].

Параметры режима сварки проволокой диаметром 0,8 мм представлены в таблице 2, проволокой диаметром 1,0 мм – в таблице 3.

Таблица 2 – Параметры режима подводной сварки на глубине 5 м при сварке проволокой сплошного сечения $\varnothing 0,8$ мм

«Пространственное положение	Ток, А	Напряжение, В	Расход газа, л/мин	Скорость подачи проволоки м/мин	Вылет проволоки, мм
Нижнее	130...140	23...25	30	7,5	10...15
Вертикальное	90...100	20...21	30	5,0	10...15
Потолочное	90...100	20...21	30	5,0	10...15» [27]

Таблица 3 – Параметры режима подводной сварки на глубине 5 м при сварке проволокой сплошного сечения $\varnothing 1,0$ мм

«Пространственное положение	Ток, А	Напряжение, В	Расход газа, л/мин	Скорость подачи проволоки м/мин	Вылет проволоки, мм
Нижнее	140...150	30...32	30	7,5	10...15
Вертикальное	110...120	28...29	30	5,5	10...15
Потолочное	100...110	25...28	30	5,5	10...15» [27]

Минимальное количество слоёв при выполнении ремонтной наплавки проволокой сплошного сечения зависит от формы выборки и её глубины, представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Минимальное число слоёв наплавки

Глубина выборки, мм	Число наплавочных слоёв шва
до 10 мм включительно	≥ 3
Свыше 10 до 15 включительно	≥ 4
Свыше 15 до 20 включительно	≥ 5
Свыше 20 до 25 включительно	≥ 6

Отремонтированные участки трубопровода подлежат контролю, который проводит водолаз-дефектоскопист. Контроль проводят визуальный и измерительный. На предприятии ООО «Подводсервис» была проведена исследовательская работа по определению эффективности подводной сварки с применением комплекта аппаратуры УПСС-1. Получено стабильно высокое качество ремонтной наплавки, внешний вид образцов показан на рисунке 13.



Рисунок 13 – Натурный образец наплавочных швов, выполненных установкой УПСС-1

По результатам проведённых испытаний и опытно-промышленного внедрения установок УПСС-1 издан отраслевой стандарт СТО Газпром 2-2.3-159-2007 «Инструкция по ремонту подводных газопроводов с использованием установки полуавтоматической сварки УПСС-1».

Перспективность применения установок УПСС-1 доказан при проведении ремонтной сварки магистральных газопроводов с подводной прокладкой через реку Лена. Работы по ремонтной заварке дефектов трубопровода проводились на глубине 15 метров.

Следует учесть, что проведение ремонтной подводной сварки требует наличия развитой инфраструктуры, наличия необходимого оборудования и средств его доставки, квалифицированного персонала. При этом от сварщика требуется наличие навыков водолаза-подводника.

2.5 Контроль качества сварки

Средства проведения УЗК должны включать:

- ультразвуковой дефектоскоп, «удовлетворяющий требованиям ГОСТ 23667 и ГОСТ 28702 в подводном исполнении, выполненный в герметичном боксе со степенью защиты от проникновения воды IP68 по ГОСТ 14254, либо дефектоскоп для работы на поверхности с комплектом герметичных высокочастотных кабелей и пьезоэлектрических преобразователей (рекомендуются: подводный дефектоскоп Krautkramer Surs-2, дефектоскоп Epoch-4 с выносным герметизированным датчиком);
- ультразвуковой толщиномер подводного исполнения по ГОСТ 28702 со степенью защиты от проникновения воды IP68 по ГОСТ 14254 (рекомендуется толщиномер Sygnus-1 в герметичном боксе);
- пьезоэлектрические преобразователи с углами ввода от 0° до 70° совмещенного и отдельно-совмещенного типа, защищенные от вредного воздействия в результате проникновения воды и

рассчитанные на длительное погружение со степенью защиты IP68 по ГОСТ 14254;

- стандартные образцы по ГОСТ 14782 для калибровки и проверки параметров преобразователей и дефектоскопа;
- стандартные образцы, имеющие отверстие с плоским дном, с сегментным отражателем, с угловым отражателем и с цилиндрическим отверстием для настройки развертки и калибровки чувствительности дефектоскопа согласно требованиям ГОСТ 14782» [27].

Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

Анализ состояния вопроса позволил выполнить постановку задач на выполнение выпускной квалификационной работы:

- выполнить анализ научно-технической информации по вопросу повышения качества и производительности подводной сварки;
- предложить способ, оборудование и сварочные материалы для выполнения подводной сварки;
- составить проектную технологию подводной ремонтной сварки трубопровода.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [3].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [15].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение «мокрой» сварки штучными электродами, которая имеет ряд недостатков:

- малая производительность выполнения сварочных работ;
- плохая видимость зоны сварки из-за большого количества газовой фазы и мутной взвеси;
- существенная зависимость качества сварки от квалификации сварщика-водолаза;
- прерывание процесса сварки при замене электрода, что ухудшает качество сварных швов;
- плохая отделяемость шлака, что ухудшает качество многопроходной сварки.

Решена задача обоснования выбора способа сварки под водой. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную гипербарическую сварку защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима и техника ремонтной сварки выбраны материалы для выполнения сварки.

Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса согласно таблицы 5.

Таблица 5 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
«Зачистка дефектного участка	Сварщик-подводник	Машинка шлифовальная, набор ВИК, шаблоны гибкие под выборку, гидравлическая станция, погружное снаряжение, толщиномер	Круг абразивный, искровая проволочная щётка
Предварительный подогрев	Сварщик-подводник	Мини-кессон, контактные термодары, маты теплоизолирующие, сварочный трансформатор	-
Заварка дефекта	Сварщик-подводник	Источник сварочного тока ДС-400.3, блок управления БУМП, блок подачи проволоки подводный ТТ-203-00, горелка ТТ 203-03, мини-кессон	Углекислый газ, сварочная проволока
Механическая обработка	Сварщик-подводник	Машинка шлифовальная, набор ВИК	Круг абразивный, дисковая проволочная щётка
Контроль качества» [11]	Сварщик-подводник	Ультразвуковой подводный дефектоскоп СКАРУЧ-ПВ1, толщиномер УТ-83	-

Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Анализ данных в таблице 5 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 6. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
Зачистка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления; - недостаточный уровень освещения рабочего места; - воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса; - значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза 	Оборудование для подготовки дефектного места

Продолжение таблицы 6

1	2	3
Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления; - недостаточный уровень освещения рабочего места; - воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса; - значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза 	Оборудование для проведения предварительного подогрева
Заварка дефекта	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления; - недостаточный уровень освещения рабочего места; - воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса; - значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	Оборудование для подводной сварки
Механическая обработка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления; - недостаточный уровень освещения рабочего места; - воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса; - значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза - ультрафиолетовое излучение 	Оборудование для подводной механической обработки сварных швов
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования 	Подводный ультразвуковой дефектоскоп

Таким образом, выделено девять негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления;
- недостаточный уровень освещения рабочего места;
- воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса;
- значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза;
- ультрафиолетовое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков. Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия согласно таблицы 7, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Таблица 7 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	Погружное снаряжение
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	Погружное снаряжение
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции	Погружное снаряжение
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	Погружное снаряжение
- опасность воздействия на водолаза резкого повышения или понижения давления;	Проведение инструктажа персонала, проверка состояния погружного снаряжения	Погружное снаряжение
- недостаточный уровень освещения рабочего места;	-	Погружное снаряжение, индивидуальный фонарь
- воздействие на организм сварщика-водолаза перегрузок из-за тяжести трудового процесса;	Соблюдение норм нахождения под водой, проведение инструктажа персонала	-
- значительные нагрузки на нервную систему сварщика-водолаза	Соблюдение норм нахождения под водой, проведение инструктажа персонала	-
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	Погружное снаряжение

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 7. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение экологической безопасности производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 8.

Таблица 8 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная наплавка валов	- подготовка детали - подготовка поверхности - наплавка - контроль качества	отсутствуют	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 9 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной наплавки валов
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	-
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Разработка и применение режимов сварки, обеспечивающие снижение вредных выделений
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 9.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии восстановительной наплавки деталей машин.

В проектной технологии применяется гипербарическая сварка под водой, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

В разделе не рассматривались мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, так как сварка под водой предусматривает естественную защиту от пожара.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности ремонтной сварки под водой.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение «мокрой» сварки штучными электродами, которая имеет ряд недостатков.

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность, низкая стабильность качества наплавленного слоя) заставляют выполнять поиск более эффективных способов ремонтной подводной сварки.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной подводной сварки. На основании анализа литературных данных предложено использовать гипербарическую сварку защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима ремонтной сварки и выбраны материалы для выполнения сварки.

Составлена проектная технология ремонтной сварки.

В таблицу 10 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 10 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	400	400
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	400 тыс.	700 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	14	27
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	12	12
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [15]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 10 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7$ %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ ч.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 1,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,06 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_г = F_э / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{г.баз.} = 2054 / 4,84 = 424 \text{ за год;}$$

$$П_{г.проектн.} = 2054 / 2,06 = 997 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $P_{г} = 200$ дефектов за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot P_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч. б.} = 4,84 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,46;$$

$$n_{расч. пр.} = 2,06 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,20.$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч} / n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,46/1 = 0,46;$$

$$Kзп = 0,20/1 = 0,20.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – электроды, а в проектном варианте технологии – наплавочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{т-з}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{\text{баз.}} = 670 \cdot 1,7 \cdot 1,05 = 1195,95 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{баз.}} = (230 \cdot 1,4 + 90 \cdot 12) \cdot 1,05 = 1472,10 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{\text{шт}}$ и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ с учётом коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат к заработной плате:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 4,84 \cdot 400 \cdot 1,88 = 3484,80 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 2,06 \cdot 400 \cdot 1,88 = 1549,12 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 3484,80 \cdot 12 / 100 = 418,18 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 1549,12 \cdot 12 / 100 = 185,89 \text{ рублей.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 3484,80 + 418,18 = 3902,98 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 1549,12 + 185,89 = 1735,01 \text{ рублей.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому

вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (10)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 3902,98 \cdot 30 / 100 = 1170,89 \text{ руб.};$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 1735,01 \cdot 30 / 100 = 520,50 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. \text{ баз.}} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 4 / 2054 / 100 = 167,48 \text{ руб.},$$

$$A_{об. \text{ пр.}} = 700000 \cdot 21,5 \cdot 1,7 / 2054 / 100 = 124,56 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{ээ} / \text{КПД}. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 14 \cdot 4 \cdot 3,02 / 0,7 = 249,60 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 27 \cdot 1,7 \cdot 3,02 / 0,85 = 163,08 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{об баз}} = 167,48 + 249,60 = 417,08 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 124,56 + 163,08 = 287,64 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $Z_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + O_{\text{сс}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 1195,95 + 3902,98 + 1170,89 + 417,08 = 6686,90 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 1472,10 + 1735,01 + 520,50 + 287,64 = 4015,25 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 6686,90 + 1,5 \cdot 3484,80 = 6686,90 + 5227,20 = 11914,10 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4015,25 + 1,5 \cdot 1549,12 = 4015,25 + 2323,68 = 6338,93 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной

платы $Z_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{цех}$:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 11914,10 + 1,15 \cdot 3484,80 = 11914,10 + 4007,52 = 15921,62 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 6338,93 + 1,15 \cdot 1549,12 = 6338,93 + 1781,49 = 8120,42 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	1195,95	1472,10
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3902,98	1735,01
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	1170,89	520,50
4. Затраты на оборудование	Зоб	417,08	287,64
5. Технологическая себестоимость	Стех	6686,90	4015,25
6. Цеховые расходы	Рцех	5227,20	2323,68
7. Цеховая себестоимость	Сцех	11914,10	6338,93
8. Заводские расходы	Рзав	4007,52	1781,49
9. Заводская себестоимость» [15]	Сзав	15921,62	8120,42

На основании данных в таблице 11 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизации N_a :

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 400000 - (400000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 142000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 142000 \cdot 0,46 = 65320 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр} = 700000 \cdot 1,05 \cdot 0,20 = 147000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Величина затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

$$K_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (22)$$

$$K_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{монт} = 700000 \cdot 0,05 = 35000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 20000 + 35000 = 55000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 147000 + 55000 = 202000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$K_{доп} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{доп} = 202000 - 65320 = 136680 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_r как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r . \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 65320/200 = 326,60 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 202000 / 200 = 1010 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

$$\Delta t_{ум} = (t_{ум б} - t_{ум пр}) \cdot 100 \% / t_{ум б} . \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{4,84 - 2,06}{4,84} \cdot 100\% = 57\%$$

Повышение производительности труда Π_r , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

$$\Pi_m = 100 \cdot \Delta t_{ум} / (100 - \Delta t_{ум}) . \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_T = 100 \cdot 57 / (100 - 57) = 133 \%$$

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.}, \quad (28)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{тех} = (6686,90 - 4015,25) \cdot 100\% / 6686,90 = 40 \%$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Пр_{ож} = Э_{yg} = (C_{зав. баз} - C_{зав. пр}) \cdot П_T. \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Э_{y.g.} = (15921,62 - 8120,42) \cdot 200 = 1560240 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{ок} = K_{доп} / Э_{yg}. \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{ок} = 136680 / 1560240 = 0,1 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект $Э_r$, который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{yr} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\mathcal{E}_r = 1560240 - 0,33 \cdot 136680 = 1515135,6$ руб.

Выводы по экономическому разделу

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение «мокрой» сварки штучными электродами, которая имеет ряд недостатков.

Выявленные недостатки базовой технологии (малая производительность, низкая стабильность качества наплавленного слоя) заставляют выполнять поиск более эффективных способов ремонтной подводной сварки.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной подводной сварки. На основании анализа литературных данных предложено использовать гипербарическую сварку защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима ремонтной сварки и выбраны материалы для выполнения сварки.

Составлена проектная технология ремонтной сварки.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 57 %, а производительность труда увеличилась 133 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 40 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 1,56 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 1,51 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,1 года.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при выполнении подводной ремонтной сварки.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение «мокрой» сварки штучными электродами, которая имеет ряд недостатков:

- малая производительность выполнения сварочных работ;
- плохая видимость зоны сварки из-за большого количества газовой фазы и мутной взвеси;
- существенная зависимость качества сварки от квалификации сварщика-водолаза;
- прерывание процесса сварки при замене электрода, что ухудшает качество сварных швов;
- плохая отделяемость шлака, что ухудшает качество многопроходной сварки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности подводной сварки;
- обосновать выбор способа подводной сварки, сварочных материалов и оборудования;
- составить требования к операциям технологического процесса подводной ремонтной сварки трубопровода.

Решена задача обоснования выбора способа сварки под водой. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную гипербарическую сварку защитных газах проволокой сплошного сечения.

Были назначены параметры режима и техника ремонтной сварки выбраны материалы для выполнения сварки.

Составлена проектная технология ремонтной сварки.

Анализ проектной технологии позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 57 %, а производительность труда увеличилась 133 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 40 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 1,56 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 1,51 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,1 года.

На основании вышеизложенного следует признать поставленную цель достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авилов Т. И. Исследование процесса дуговой сварки под водой // Сварочное производство. – 1958. – № 5. – С. 12–14.
2. Гагин А. А., Денисенко Н. С., Олейников Е. П. Сварка под водой // Решетневские чтения. 2017. С. 482–484.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
4. Грецкий Ю. Я., Максимов С. Ю. Влияние компонентов электродного покрытия на формирование металла шва при ручной сварке под водой // Автоматическая сварка. 1994. № 7/8. С. 15–17.
5. Грецкий Ю. Я., Максимов С. Ю., Кравченко Н. В. Влияние флюорита в рутиловом покрытии на содержание водорода в металле шва при подводной сварке // Автоматическая сварка. 1993. № 8. С. 54–59.
6. Грецкий Ю. Я., Максимов С. Ю. Структура и свойства соединений низколегированных сталей при подводной мокрой сварке покрытыми электродами // Автоматическая сварка. 1995. № 5. С. 7–11.
7. Гривняк И. Свариваемость сталей. М. : Машиностроение, 1984. 215 с.
8. Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю., Фадеева Г. В. Исследование влияния фторидов на стабильность горения дуги при сварке высоколегированных коррозионностойких сталей типа 18-10 // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2014. № 2. С. 18–22.
9. Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю. Влияние состава шихты порошковой проволоки на стабильность процесса горения дуги при мокрой подводной сварке // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. 2014. № 6. С. 29–33.
10. Кононенко В. Я., Грицай П. М. Мокрая механизированная сварка при ремонте корпусов судов // Морской флот. 1994. № 11–12. С. 21–22.

11. Кононенко В. Я. Подводная сварка и резка. К. : Університет «Україна». – 2011. – 264 с.
12. Кононенко В. Я., Рыбченков А. Г. Опыт мокрой механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками при ремонте под водой газо- и нефтепроводов // Автоматическая сварка. 1994. № 9/10. С. 29–32.
13. Кононенко В. Я. Современное состояние подводной сварки и резки в Украине // Автоматическая сварка. 2003. № 2. С. 44–48.
14. Кононенко В. Я. Технология мокрой механизированной сварки при строительстве МЛСП «Приразломная» // Автоматическая сварка. 2005. № 9. С. 37–39.
15. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
16. Лесков Г. И., Потиха О. М. Энергетические параметры дуги в условиях гидростатического давления до 5 МПа // Автоматическая сварка. – 1999. № 1. С. 15–18.
17. Лесков Г. И. Энергетические характеристики дуги со стальными электродами в атмосфере водорода // Автоматическая сварка. 1993. № 10. С. 3–5.
18. Мадатов Н. М. Подводная сварка и резка металлов. Л. : Судостроение, 1967. – 164 с.
19. Мадатов Н. М. Подводная сварка и резка металлов. Л. : Судостроение, 1967. 164 с.
20. Мадатов Н. М. Подводный ремонт кораблей и судов. М.: Воен. изд-во МО СССР, 1965. 280 с.
21. Патон Б. Е., Лебедев В. А., Максимов С. Ю. Совершенствование оборудования для подводной механизированной и автоматизированной сварки и резки порошковой проволокой // Сварка и Диагностика. 2011. № 5. С. 54–59.
22. Патон Б. Е., Савич И. М. К 100-летию сварки под водой // Автоматическая сварка. 1987. № 12. С. 1–2.

23. Походня И. К., Горпенюк В. Н., Миличенко С. С. Металлургия дуговой сварки: процессы в дуге и плавление электродов. К. : Наукова думка, 1990. 221 с.

24. Савич И. М. Оценка критериев свариваемости под водой низколегированных сталей // Свариваемость и технология сварки конструкционных сталей и чугунов : сб. науч. ст. Киев. : ИЭС им. Е.О. Патона, 1985. С. 22–26.

25. Савич И. М., Смолярко В. Б., Камышев М. А. Технология и оборудование для полуавтоматической подводной сарки металлоконструкций // Нефтепромысловое строительство. – 1976. – № 1. – С. 10–11.

26. Скачков О. И., Пирумов А. Е., Максимов С. Ю. К вопросу применения нейронных сетей для контроля качества сварных соединений при подводной сварке // Автоматическая сварка. 2006. № 6. С. 27–31.

27. СТО Газпром 2-2.3-159-2006 Инструкция по ремонту подводных газопроводов с использованием установки полуавтоматической сварки УППС-1. 2007. 85 с.

28. Хаустов Ю. А., Гецкин О. Б., Вышемирский Е. М. Оборудование и технологии механизированной сварки в мини-кессоне для ремонта подводных переходов магистральных трубопроводов // Сварка и диагностика. 2013. № 2. С. 52–57.

29. Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Супрун С. А. Идентификация состава порошковых проволок по электрическим сигналам дуговой сварки // Автоматическая сварка. 1999. № 8. С. 37–42.

30. Ющенко К. А., Булат А. В., Каховский Н. Ю. Исследование химического состава и структуры металла швов типа Х20Н9Г2Б, полученных при мокрой подводной сварке // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7, С. 139–142.

31. Ющенко К. А., Лебедев В. А., Пичак В. Г. Новое поколение полуавтоматов для подводной механизированной сварки и резки // Сварка и Диагностика. 2009. № 4. С. 31–36.
32. Dariusz F., Grzegorz R. Effect of shielded-electrode wet welding conditions on diffusion hydrogen content in deposited metal // Welding International. 2011. — 25, № 3. — P. 166–171.
33. Granjon H. Cold cracking in the welding of steels // Welding in the world. 1971. № 11/12. P. 382–396.
34. McKeown D., Abson D. Wet welding repairs // Shipping World and Shipbuilder. 2006. 207, № 5. P. 24–26, 28.
35. Rowe M., Liu S. Recent developments in underwater wet welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. — 2001. — 6, № 6. — P. 387–396.
36. Stephen L. A Decade of Progress in Underwater Wet Welding Using the SMAW Process (1990–2003) // ASME – 2004. – 23rd International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAЕ2004). June 20–25, 2004, Vancouver, British Columbia, Canada. Vol. 2. P. 927–934.