

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сварки трубопроводов отопительной
системы теплиц

Студент

Д.В. Аграфенин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

(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 2020

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии сварки трубопровода горячего водоснабжения тепличного хозяйства. Трубопровод горячего водоснабжения изготавливается из стальных труб и фасонных частей, которые имеют защитное цинковое покрытие. При дуговой сварке металлических конструкций, покрытых защитным слоем цинка, цинк под воздействием тепла электрической дуги из защитного слоя интенсивно испаряется.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение качества и производительности сварки технологических трубопроводов из оцинкованной стали за счёт применения современных достижений науки и техники в области выполнения сварных конструкций из сталей с защитными покрытиями.

В исполнительской части выпускной квалификационной работы выполнены следующие задачи: 1) произвести анализ альтернативных способов сварки оцинкованных трубопроводов и обосновать выбор наиболее эффективного способа сварки; 2) предложить сварочные материалы, обеспечивающие повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов из труб с защитным цинковым покрытием.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,65 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при строительстве технологических трубопроводов из оцинкованных труб. Также результаты могут быть использованы при строительстве металлических конструкций с защитным цинковым покрытием.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Сведения о конструкции изделия	7
1.2 Сведения о материале изделия	11
1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки оцинкованного трубопровода	14
1.4 Сложности при сварке оцинкованных труб	22
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы	24
2 Проектная технология сборки и сварки трубопровода	26
2.1 Выбор способа сварки	26
2.2 Сварочная проволока	32
Заключение по второму разделу	37
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	38
3.1 Технологическая характеристика объекта	38
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	39
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	40
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	42
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	44
3.6 Заключение по разделу	45
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	46
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	46
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	49
4.3 Расчет штучного времени	50
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки ...	51
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому	

и проектному вариантам	60
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	64
Заключение по экономическому разделу	66
Заключение	68
Список используемой литературы	69

Введение

Всё возрастающий уровень мирового производства сварных конструкций предъявляет повышенные требования к их надежности и стойкости против коррозии. Актуальность защиты металлических конструкций защиты от агрессивного воздействия окружающей среды повышается также в связи с ухудшающейся экологической обстановкой в мире. Защита металлических конструкций нанесением покрытия, в частности применение горячего цинкования, широко применяется в промышленности. Процесс горячего цинкования осуществляется погружением стального изделия или заготовки в расплав цинка. Главным преимуществом такого процесса является высокая производительность, которая позволяет использовать этот метод нанесения защитного покрытия в массовом поточном производстве, в частности, при цинковании стальных труб.

Методом горячего цинкования обеспечивается защита от агрессивного воздействия внешней среды различных металлических конструкций: эстакады, мосты, ограждения, кузова тракторов, вагонов и автомобилей. Существенную часть оцинкованной продукции представляет полосовой прокат, потребителями которого являются строительные предприятия. Как показывает статистика, в мире нанесение цинкового покрытия осуществляется на 35...38 млн. тон изделий в год. Это соответствует приблизительно 3 млрд. квадратных метров защищаемой поверхности [1, 2, 4]. В 2013 году предприятиями Российской Федерации было использовано 3,154 млн. тонн стальных заготовок с защитным цинковым покрытием [3].

Исследования в области потребления стального проката промышленными предприятиями Европы показали, что наиболее развито горячее цинкование в Италии и Германии. От этих стран незначительно отстают Великобритания и Франция.

При дуговой сварке металлических конструкций, покрытых защитным слоем цинка, цинк под воздействием тепла электрической дуги из защитного

слоя интенсивно испаряется. Температура кипения цинка значительно меньше температуры плавления металла и составляет всего 906 °С.

Если цинк из защитного покрытия попадает сварочную ванну, то происходит усиленное порообразование и повышается склонность металла шва к кристаллизационным трещинам.

В большом числе случаев удаление защитного цинкового покрытия из зоны сварки невозможно. Если приходится выполнять дуговую сварку металлических конструкций прямо по цинковому покрытию, для повышения качества сварного шва необходимо применение различных технологических приемов.

Если выполняется дуговая сварка оцинкованных труб с применением стандартных электродов или пайка оцинкованных труб твердым припоем, существует высокая вероятность разрушения цинкового покрытия. В месте сварного шва теряется главное преимущество оцинкованных труб – стойкость по отношению к коррозии. Несмотря на способность цинка обеспечивать катодную защиту небольших участков открытого металла, участки без покрытия, образовавшиеся из-за теплового воздействия сварочной дуги, интенсивно корродируют. Это объясняется большой площадью разрушения защитного цинкового покрытия при сварке.

Таким образом, актуальна цель выпускной квалификационной работы – повышение качества и производительности сварки технологических трубопроводов из оцинкованной стали за счёт применения современных достижений науки и техники в области выполнения сварных конструкций из сталей с защитными покрытиями.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Сведения о конструкции изделия

Распоряжением Совета Министров РСФСР № 1193 от 30 мая 1969 года было утверждено задание на строительство под г. Москва тепличного комбината площадью 10,6 га. В 1971 году сданы в эксплуатацию первые 16000 кв.м. теплиц. В 1972 году сдано в эксплуатацию еще 36900 кв.м. теплиц. В этом же году была получена первая продукция. На базе строящегося тепличного комбината Приказом Министерства сельского хозяйства РСФСР № 28 от 14 января 1972 года был организован совхоз имени Максима Горького. В 1973 году все теплицы были приняты в эксплуатацию. Производство овощей новейшим на этот период гидропонным методом, осуществлялось на площади 10,6 га. Производилось три вида овощей – огурцы, томаты, лук на зелень в количестве 4-4,5 тысячи тонн.



Рисунок 1.1 – Тепличное хозяйство АО «Совхоз имени Максима Горького»

В 1984 году была сдана в эксплуатацию вторая очередь комбината площадью 12 га. Общая площадь, с учетом пленочных теплиц, составили 27 га. Ежегодный объем производства овощей достиг 7000 тонн.

В период с 1999 по 2002 годы начался перевод на новую технологию – малообъемное использование субстрата с применением капельного полива. На эту технологию переведено 2 га теплиц. В декабре 1992 года совхоз имени Максима Горького был реорганизован в открытое акционерное общество «Совхоз имени Максима Горького».

С 1997 года в связи с резким ростом цен на энергоресурсы, нестабильностью экономической обстановки, предприятие из прибыльного перешло в разряд убыточных. В связи с неэффективностью производства, моральным и физическим старением первой очереди, в 2000 году выводятся из производства 4,6 га пленочных теплиц, в 2002 году выводятся из производства 5,2 га зимних гидропонных теплиц, а в ноябре 2003 года еще 5,2 га зимних гидропонных теплиц.

Одновременно с закрытием старых теплиц берется курс на реконструкцию и перевод оставшихся 12 га на капельный полив.

На сегодняшний день площадь теплиц составляет 12 га. Из них 7 га переведено на капельный полив. Оставшиеся 5 га будет переведено на капельный полив в течение 2008-2009 годов.

На предприятии трудятся 200 человек, из которых 140 - женщины.

Производятся 4 вида продукции: огурец, перец сладкий, томаты, баклажаны (рис. 1.2). Экономическое положение СХОАО «Совхоз имени Максима Горького» стабилизировалось. В 2006, 2007 годах предприятие работало рентабельно.

В тепличном блоке предусматриваются следующие системы инженерного оборудования водоподведения:

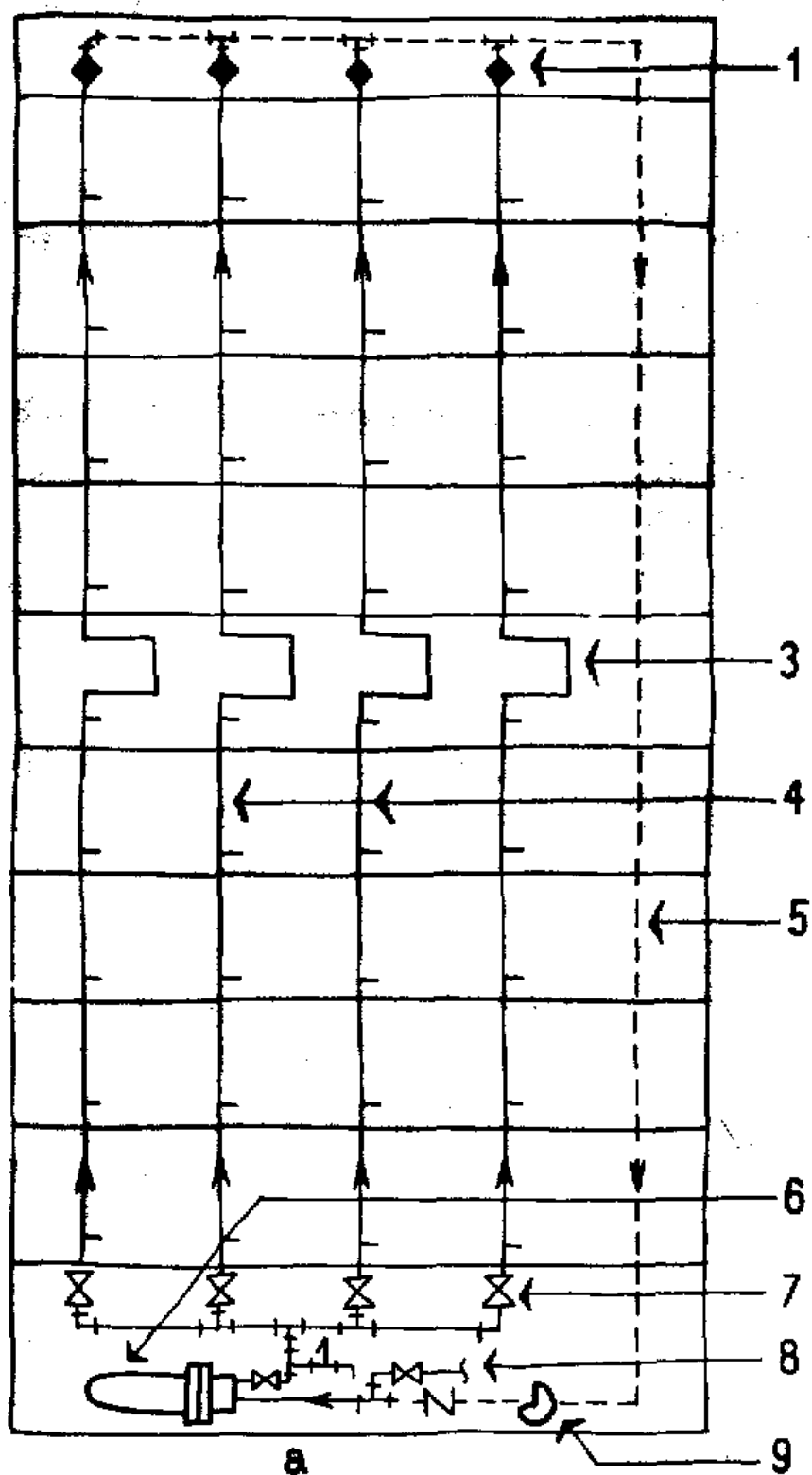
- система отопления и поливочного водопровода;
- система хозяйственно-питьевого водопровода;
- система капельного полива растений;

- система резервного полива из шлангов;
- система внутренних водостоков;
- система производственной канализации.



Рисунок 1.1 – Продукция тепличного хозяйства

При организации снабжения водой тепличного хозяйства источником воды для полива служат наружные трубопроводы технической воды. Учёт расходования воды на полив осуществляется водормерным узлом, который устанавливается в тепловом пункте. Вода для полива проходит водомерный узел и поступает на водоподогреватели, осуществляющие нагрев поливочной воды до заданной температуры полива, равной $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подогретая вода поступает на растворный узел системы основного полива, систему резервного полива и испарители системы охлаждения. Водопровод для подачи поливочной воды изготовлен из стальных оцинкованных труб.



- 1 – регулирующие клапаны; 2 – главный подающий стояк;
 3– компенсационная петля; 4– вспомогательные подающие стояки;
 5– главный обратный стояк; 6–теплообменник; 7–запорные вентили;
 8–подпитка из водопровода; 9– циркуляционный насос

Рисунок 1.3 – Система горячего водоснабжения теплицы

В системе хозяйственно-питьевого водопровода подвод воды, пригодной для питья, осуществляется к питьевым фонтанчикам, которые расположены у входа в теплицу и около умывальников. Вода с систему хозяйственно-питьевого водопровода подаётся по трубам диаметром 32 мм.

Система капельного полива растений в теплице обеспечивает дозированную подачу поливной воды и растворённых в ней минеральных удобрений в корневую зону почвогрунта теплицы. Система капельного полива состоит из растворного узла, запорной арматуры и трубопроводов с капельницами. Один растворный узел обеспечивает подготовку и подачу поливочной воды одновременно к нескольким теплицам, суммарная площадь которых составляет 2...3 га. Растворные узлы располагают в соединительном коридоре, при этом, в зависимости от планируемой площади капельного полива, задают производительность каждого растворного узла.

В системе капельного орошения теплицы имеется две клапанные секции, каждая из которых обслуживает 0,5 га. Подача воды в каждую секцию регулируется электромагнитным клапаном. Каждая капельница имеет производительность 2...3 л\час. Временной интервал между работой капельниц и остановкой полива задаётся требованиями агротехнологии.

Система капельного полива растений спроектирована и выполнена с возможностью легкого демонтажа любого участка систем, для чего в ней предусмотрены разъемные соединения. Это позволяет выполнять промывку и ремонт системы. Капельный полив теплицы выполняется из труб ПВХ.

1.2 Сведения о материале изделия

Рассматриваемый трубопровод предназначен для подачи горячей воды под давлением 1,6...4 МПа с температурой 115...250 °С. Этот трубопровод относится к категории III группа 2. Диаметр главной подводящей трубы составляет 300 мм и толщина стенки 8 мм.

Исходя из принятых условий эксплуатации трубопровода отопительной системы теплицы в качестве материала при проектировании трубопровода принята сталь 20, химический состав которой дан в таблице 1.1, а механические свойства – в таблице 1.2. заменителем стали 20 может выступать сталь Ст 3.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 20, ГОСТ 1050-84

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Азот	Медь	Мышьяк
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,17-0,21	0,03	0,25-0,5	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20oC материала сталь 20

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	KCU кДж / м ²
Лист	6-14	393	248	30	50	-

Конструкции из углеродистых сталей могут эксплуатироваться в достаточно широком диапазоне большой температур: от –40 до +425°С. Рекомендуемый диапазон температур эксплуатации для конкретной стали зависит от её химического состава, степени раскисления и структурного состава стали. Сталь 20 характеризуется неравномерным распределением серы и фосфора по толщине изделия (листа или трубы), сталь 20 имеет склонность к старению, обладает низкой стойкостью против хрупкого разрушения. Однако главным преимуществом стали 20 считается её хорошая свариваемость.

Исследования свойств сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей, который были выполнены с применением сварки плавлением [5], позволили установить, что структура и свойства зон сварного

соединения имеют существенную неоднородность. В зоне термического влияния обнаружены нежелательные крупнозернистые структуры, высокие остаточные макро- и микронапряжения. Вследствие обнаруженных нежелательных структурных изменений сварные соединения этих сталей обладают пониженными механическими и эксплуатационными свойствами. В результате возникновения остаточных напряжений происходит ускорение коррозионных процессов в металле шва по сравнению с основным металлом. Остаточные напряжения могут стать причинами возникновения трещин, повышают склонность конструкции к хрупким разрушениям, увеличивают скорость протекания коррозионных процессов с металле сварного шва и околошовной зоне по сравнению с основным металлом.

Цинкование по праву считается самым эффективным способом защиты металлических конструкций от коррозии. Этот способ обладает относительно низкой стоимостью, позволяет в несколько раз повысить долговечность и улучшить внешний вид конструкции. Нанесение слоя цинка возможно как горячим цинкованием, так с использованием гальванического осаждения или напыления. Поставка оцинкованного металлического проката осуществляется с обязательным приложением сертификата, в котором должна быть указана толщина нанесённого на прокат цинкового слоя. При этом, в зависимости от способа нанесения назначения проката защитный слой цинка на нём может иметь толщину от 3 до 150 мкм.

При дуговой сварке металлических конструкций, покрытых защитным слоем цинка, цинк под воздействием тепла электрической дуги из защитного слоя интенсивно испаряется. Температура кипения цинка значительно меньше температуры плавления металла и составляет всего 906 °С. В этом случае следует уделять особое внимание технике безопасности, поскольку в процессе сварки оцинкованных конструкций происходит интенсивное загрязнение воздуха парами цинка. Эти пары цинка вызывают удушье, цинковую лихорадку. Особенности протекания процесса дуговой сварки оцинкованных сталей должны быть учтены при организации рабочего места

сварщика. В частности, это рабочее место необходимо оборудовать местной вентиляцией. Само помещение, в котором выполняется сварка, также должно быть оснащено устройствами, позволяющими выполнять эффективную общеобменную вентиляцию.

Если цинк из защитного покрытия попадает в сварочную ванну, то происходит усиленное порообразование и повышается склонность металла шва к кристаллизационным трещинам. Чтобы уменьшить отрицательное влияние защитного цинкового покрытия на формирование сварного шва, необходимо проводить дополнительные технологические мероприятия. Самым эффективным является механическое удаление слоя цинка в зоне сварки, которое может быть выполнено механическим способом с применением щёток или абразивного круга. Механический способ удаления защитного цинкового покрытия может быть заменён термическим способом (с применением пламени газовой горелки) или химическим способом (травление кислотами). Если применяют химический способ удаления защитного цинкового покрытия, то сначала обрабатывают кислотой тот участок конструкции, который необходимо очистить от присутствия цинка, далее выполняют нейтрализацию участка с применением щелочи. После химического удаления цинкового покрытия обрабатываемое место следует промыть водой и просушить.

1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки оцинкованного трубопровода

Первая операция – входной контроль (рис. 1.4). В процессе проведения входного контроля следует убедиться в наличии необходимой сопроводительной документации на все элементы трубопровода: трубы, арматуру, фитинги, сгоны и пр. Также следует проверить их соответствие чертежам и другой проектной документации. При входном контроле проверке подвергается также качество сварочных материалов, условия их

хранения и прокалки перед сваркой, которые указываются в операционных технологических картах. Проверке подвергается также всё сварочное оборудование (источники питания, горелки, система подготовки защитного газа, подогреватели стыка и т.д.), вспомогательное оборудование (инструмент, сборочная оснастка, контрольно-измерительные приборы) и средства индивидуальной защиты.

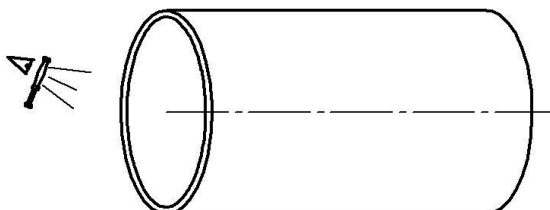


Рисунок 1.4 – Проведение входного контроля

Также при входном контроле следует проверить квалификацию работников – удостоверения, инструктаж и пр. Исполнитель сварочных работ должен предоставить лицензию на выполнение работ, проектную документацию, результаты аттестации соответствующей технологии сварки, результаты сварки допускных стыков.

Все детали трубопровода (сами трубы, арматура, сгоны, фитинги и пр.) должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ или ТУ. Они должны быть снабжены соответствующими сертификатами и паспортами завода-изготовителя. При проведении входного контроля элементов трубопровода перед сваркой выполняют следующие операции:

- а) проверяют наличие у труб сертификата или паспорта, данные в сертификате или паспорте проверяют на полноту и соответствие требованиям конструкторской документации;
- б) на трубах и арматуре проверяют заводскую маркировку и соответствие маркировки данным паспорта или сертификата;
- в) путём внешнего осмотра выявляют поверхностные дефекты и

повреждения металла труб и других элементов трубопровода.

Если паспорт или сертификат отсутствуют или в них содержатся неполные данные, для принятия решения о допуске изделий к строительству трубопровода следует провести испытания, которые должны подтвердить, что материал изделия соответствует требованиям стандарта или техническим условиям.

Если конструктивные элементы трубопровода имеют недопустимые дефекты (трещины, расслоения), то они не могут быть допущены к сборке. Недопустимыми дефектами металла являются: трещины, плены, рванины, закаты любых размеров; царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм; местные перегибы, гофры и вмятины; расслоения в зоне шириной 25 мм от торца труб; расслоения металла труб длиной более 80 мм в любом направлении.

Проведение входного контроля конструктивных элементов трубопровода в соответствии с требованиями ГОСТ 24297-87 выполняет заказчик этих материалов. Результаты проверки передаются в организацию, выполняющую монтаж трубопровода.

В соответствии с технологией сварки можно сформулировать требования к сварочным материалам. Во-первых. Необходимо проведение аттестации всех сварочных материалов, при которой проверяется их сварочно-технологические характеристики, прочностные и вязкопластические свойства сварных швов.

Для сварочных материалов обязательно наличие сертификата завода-изготовителя. Все сварочные материалы должны пройти входной контроль в соответствии «Регламентом входного контроля и параметров выбраковки изоляционных и сварочных материалов».

Для хранения сварочных электродов следует использовать сухие отапливаемые помещения, в которых температура воздуха опускается не ниже + 15°C. При этом следует исключить воздействие на сварочные материалы влаги, обеспечить сохранность и герметичность заводской упаковки. При соблюдении указанных условий возможно хранение

сварочных электродов до 1 года. Если срок хранения сварочных электродов составляет более 1 года, или условия хранения не соответствовали указанным выше, электроды следует подвергнуть повторной проверке. В этом случае, такие электроды необходимо использовать в первую очередь. Дальнейшее длительное хранение таких электродов недопустимо.

Перед выполнением сварочных работ следует провести проверку сварочных материалов, при этом:

- а) проверяют, чтобы электроды, проволока и флюс имели сертификат, в котором в полной мере представлены данные об их соответствии требованиям стандарта или технических условий;
- б) каждая пачка, коробка и моток должны быть снабжены соответствующими ярлыками или бирками, в которых представлены в полной мере все необходимые сведения;
- в) проверяется сохранность заводской упаковки;
- г) баллоны с газом должны иметь документ, который регламентирован стандартом на соответствующий газ.

Перед использованием каждой партии сварочных электродов следует проконтролировать их сварочно-технологические свойства и состав наплавленного металла (для легированных сварочных электродов).

По результатам проверки сварочных электродов составляет акт проверки.

Выдаче электродов сварщику должна предшествовать прокалка, при этом следует удостовериться в правильности режимов прокалки и что срок действия прокалки ещё не истек.

При проверке сварочно-технологических свойств сварочных электродов по ГОСТ 9466-75 следует убедиться:

- сварочные электроды обеспечивают легкое зажигание и стабильное горение дуги;
- плавление защитного покрытия электродов происходит равномерно, при этом не наблюдается чрезмерное разбрызгивание, электрод не «kozyряет».

Такую проверку следует выполнять во всех пространственных положениях;

- образовавшийся шлак легко удаляется после остывания и позволяет правильно сформировать сварной шов;
- металл шва не содержит трещин.

Если в процессе проверки сварочно-технологических свойств электродов они были признаны неудовлетворительными, следует провести повторную прокалку сварочных электродов. Если даже после проведения повторной прокалки сварочно-технологические свойства электродов признаны неудовлетворительными, следует забраковать данную партию электродов.

После выполнения приемки труб следует очистить внутренние полости труб, фасонных деталей и арматуры от снега, грунта, что выполняется непосредственно на участке сварки.

Второй операцией технологического процесса является **разделка кромок труб** (рис. 1.15), которая выполняется с применением ручной кислородной резки. При этом применяют резак ГРМ-70, который может быть использован для металла толщиной от 3 до 50 мм. Для подготовки кислорода применяют редуктор ДКП-1-65, для подготовки ацетилена применяют редуктор ДАП 1-65. После кислородной резки зачищают кромки труб механическим способом с использованием абразивных кругов и притупляют кромки. Для этого применяют угловую шлифовальную машинку МШУ-1-6-230.

Если на кромках труб присутствуют местные уступы и неровности, которые могут препятствовать их соединению, их следует устранить до сборки. Устранение мешающих уступов и неровностей проводят абразивным кругом или напильником, при этом не допускаются острые углы и резкие переходы.

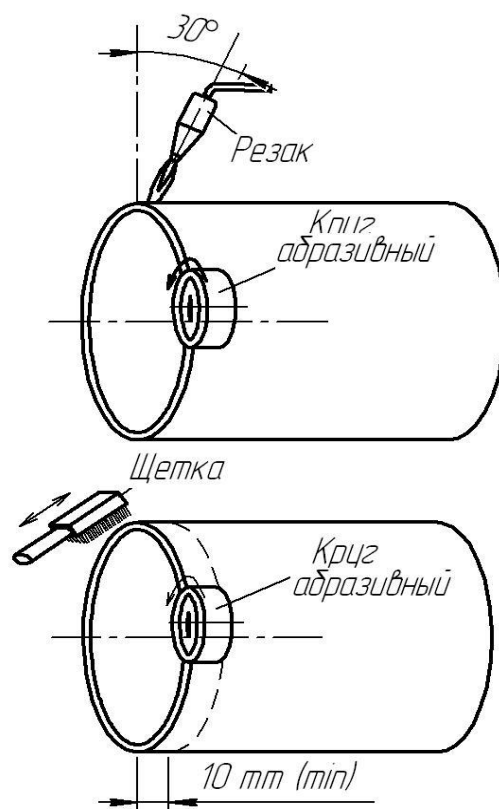


Рисунок 1.5 – Выполнение разделки кромок труб

Третьей операцией технологического процесса является **сборка** (рис. 1.6), при которой выполняют установку двух подготовленных труб на призмы и размещение на них внешнего центратора. При этом следует обеспечить соосность стыкуемых труб и равномерный зазор по всему стыку.

Технологические крепления следует выполнять из стали того же класса, что и свариваемые трубы. При сборке труб применяют наружные эксцентриковые или звенные центраторы. При сборке следует следить, чтобы заводские швы на трубах были смещены относительно друг друга на расстояние не менее 100 мм.

Четвёртой операцией технологического процесса является прихватка и сварка (рис. 1.7). Перед прихваткой и выполнением корневого слоя шва следует провести просушку или предварительный подогрев свариваемых кромок. Проведение предварительного подогрева

обязательно, если температура окружающего воздуха составляет ниже $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

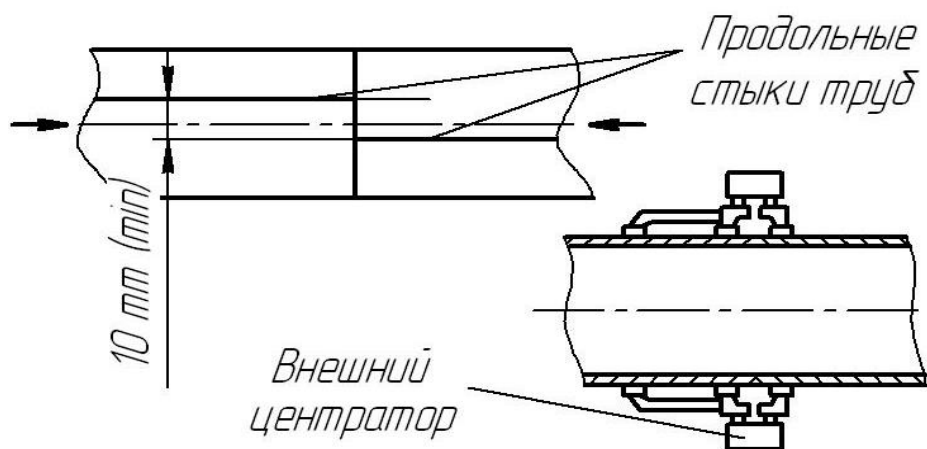


Рисунок 1.6 – Выполнение сборки труб

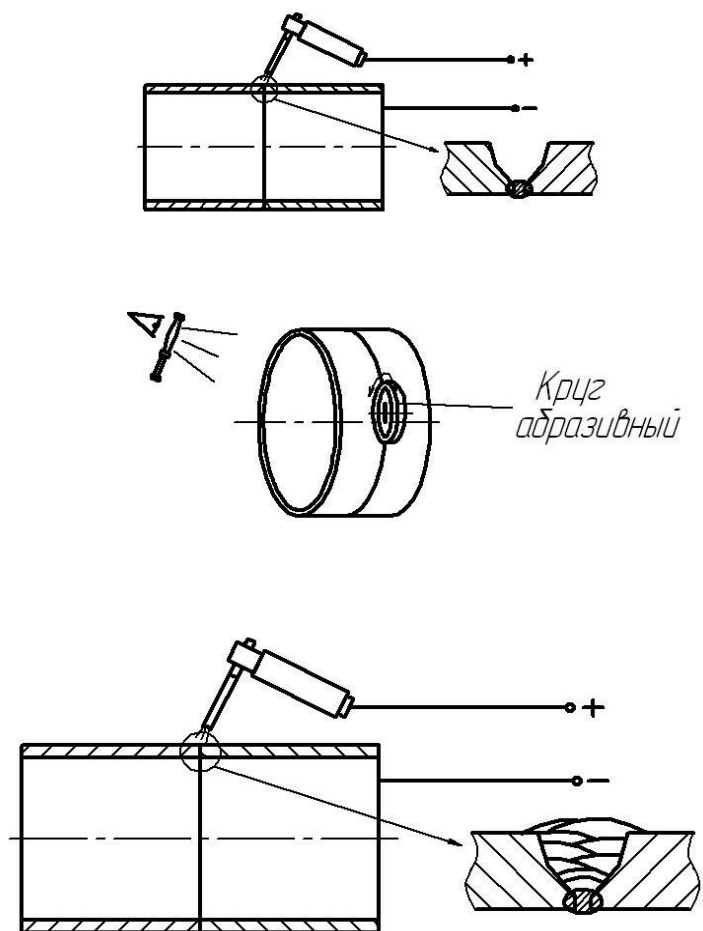


Рисунок 1.7 – Прихватка и сварка труб

После того, как были выполнены просушка и предварительный подогрев, выполняют прихватку стыка. При этом прихватки следует равномерно распределить по периметру стыка труб, они должны располагаться не ближе 100 мм от заводских швов на трубах. Значение параметров режима при выполнении прихваток соответствуют значениям параметров режима сварки корневого слоя шва (табл. 1.3).

Все прихватки следует зачистить после сварки и остывания. На каждой прихватке следует механически обработать начальный и конечный участки с применением шлифовального круга.

После выполнения прихваток, их зачистки и контроля следует выполнить сварку корневого слоя шва. Значения параметров режима сварки корневого слоя назначаются согласно табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Значения параметров режима ручной электродуговой сварки согласно базовой технологии

Электроды с основным видом покрытия		
Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Корневой	2,5-3,0	60-80
Заполняющие	2,5-3	90-130
	4,0	110-180
Облицовочный	2,5-3	90-130
	4,0	110-180

Центратор можно снять, после выполнения не менее 60 % корневого слоя шва.

Сразу после сварки корневого слоя шва следует зачистить его снаружи трубы с применением шлифовального круга..

После того, как выполнен корневой слой шва и снят наружный центратор, начинают заполнение разделки. При сварке используют постоянный ток обратной полярности. Направление сварки – «снизу – вверх».

Возбуждение дуги выполняют в разделке кромок. Также дугу можно возбуждать на поверхности ранее выполненного участка шва. Пока не выполнен полностью корневой слой шва, не допускаются перемещения стыка или подвергание его любым внешним воздействиям.

Таблица 1.4 – Критический анализ технологии

Технологическая операция	Недостатки	Пути устранения отмеченных недостатков
1. Газовая резка и подготовка кромок под сварку	1. Ручной труд 2. Качество реза	Применить плазменную резку
2. Сборка и сварка	1. Ручная сварка покрытыми электродами 2. Тяжелый ручной труд 3. Низкая производительность 4. Сложность обеспечения соосности труб	1. Заменить способ ручной сварки более производительный 2. Разработать универсальное приспособление для сборки труб
3. Контроль	1. Гидроиспытания 2. Визуальный контроль	Применить ультразвуковую дефектоскопию 100% длины швов и рентгеновскую дефектоскопию мест обнаружения дефектов УЗК
4. Исправление дефектов	Газовая вырезка и абразивная обработка	Применить воздушно-дуговую вырезку дефектов

1.4 Сложности при сварке оцинкованных труб

При дуговой сварке металлических конструкций, покрытых защитным слоем цинка, цинк под воздействием тепла электрической дуги из защитного слоя интенсивно испаряется. Температура кипения цинка значительно меньше температуры плавления металла и составляет всего 906 °С. В этом случае следует уделять особое внимание технике безопасности, поскольку в процессе сварки оцинкованных конструкций происходит интенсивное загрязнение воздуха парами цинка. Эти пары цинка вызывают удушье, цинковую лихорадку. Особенности протекания процесса дуговой сварки оцинкованных сталей должны быть учтены при организации рабочего места

сварщика. В частности, это рабочее место необходимо оборудовать местной вентиляцией. Само помещение, в котором выполняется сварка, также должно быть оснащено устройствами, позволяющими выполнять эффективную общеобменную вентиляцию.

Если цинк из защитного покрытия попадает в сварочную ванну, то происходит усиленное порообразование и повышается склонность металла шва к кристаллизационным трещинам. Чтобы уменьшить отрицательное влияние защитного цинкового покрытия на формирование сварного шва, необходимо проводить дополнительные технологические мероприятия. Самым эффективным является механическое удаление слоя цинка в зоне сварки, которое может быть выполнено механическим способом с применением щёток или абразивного круга. Механический способ удаления защитного цинкового покрытия может быть заменён термическим способом (с применением пламени газовой горелки) или химическим способом (травление кислотами). Если применяют химический способ удаления защитного цинкового покрытия, то сначала обрабатывают кислотой тот участок конструкции, который необходимо очистить от присутствия цинка, далее выполняют нейтрализацию участка с применением щелочи. После химического удаления цинкового покрытия обрабатываемое место следует промыть водой и просушить.

В большом числе случаев удаление защитного цинкового покрытия из зоны сварки невозможно. Если приходится выполнять дуговую сварку металлических конструкций прямо по цинковому покрытию, для повышения качества сварного шва необходимо применение различных технологических приемов. Правильное назначение параметров режима сварки позволяет снизить отрицательное влияние цинкового покрытия на качество сварки, в частности, уменьшение порообразования возможно при увеличении тока сварки на 10...15 А по сравнению со сваркой сталей без покрытия. При этом зазор между свариваемыми кромками следует увеличить в 1,5...2 раза. Скорость сварки должна быть снижена на 10...20 %. Ещё одним приёмом

является правильный выбор сварочного электрода. При сварке низкоуглеродистых сталей рекомендуется применение электродов с рутиловым покрытием (например, АНО-4, МР-3, ОЗС-4).

Если выполняется дуговая сварка оцинкованных труб с применением стандартных электродов или пайка оцинкованных труб твердым припоем, существует высокая вероятность разрушения цинкового покрытия. В месте сварного шва теряется главное преимущество оцинкованных труб – стойкость по отношению к коррозии. Несмотря на способность цинка обеспечивать катодную защиту небольших участков открытого металла, участки без покрытия, образовавшиеся из-за теплового воздействия сварочной дуги, интенсивно корродируют. Это объясняется большой площадью разрушения защитного цинкового покрытия при сварке.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение качества и производительности сварки технологических трубопроводов из оцинкованной стали за счёт применения современных достижений науки и техники в области выполнения сварных конструкций из сталей с защитными покрытиями.

При написании первой главы выпускной квалификационной работы был представлен подробный анализ состояния вопроса сварки трубопроводов из оцинкованных труб: описана система водоснабжения тепличного хозяйства; выполнен анализ материала для изготовления трубопроводов; описана базовая технология сборки и сварки трубопровода; сформулированы недостатки базовой технологии; сформулированы трудности при дуговой сварке оцинкованных труб.

Выполненные работы позволяют сформулировать задачи, решение которых приведёт к поставленной цели, которая была сформулирована во введении к выпускной квалификационной работе:

- 1) произвести анализ альтернативных способов сварки оцинкованных трубопроводов и обосновать выбор наиболее эффективного способа сварки;
- 2) предложить сварочные материалы, обеспечивающие повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов из труб с защитным цинковым покрытием.

Выполнение этих задач приведёт к созданию новой технологии сварки, будут изменены технологические операции и заменено оборудование для выполнения основных технологических операций. Поэтому в оценочном блоке выпускной квалификационной работы потребуется оценка экономической эффективности предлагаемых решений и оценка безопасности предлагаемой технологии.

Обоснование выбора способа сварки сталей с защитным цинковым покрытием должно быть выполнено на основании изучения источников научно-технической информации в области выполнения сварных конструкций из сталей с защитными покрытиями.

2 Проектная технология сборки и сварки трубопровода

2.1 Выбор способа сварки

На основании работы [10] для сварных и паянных соединений узлов из оцинкованной стали может быть проведено сравнение их коррозионных свойств:

- при **ручной дуговой сварке** штучными электродами – наблюдаются значительные повреждения защитного покрытия под воздействием тепла сварочной дуги, сварной шов остаётся незащищённым – в результате сварное соединение получается с коррозионными свойствами на уровне стали без защитного покрытия;
- при **механизированной дуговой сварке** в среде защитного газа – наблюдается значительное повреждение защитного покрытия на расстоянии 18...22 мм в обе стороны от сварного шва – стойкость против коррозии составляет 10...15 % от стойкости защищённого основного металла, механизм анодной защиты не работает, так как наблюдаемые разрушения защитного покрытия в зоне термического влияния значительно больше ширины зоны анодной защиты.
- при **дуговой пайке** проволокой из медных сплавов – наблюдается незначительное повреждение защитного покрытия на расстоянии 4...6 мм в обе стороны от шва, при этом может сохраняться до 25...40 % толщины от исходного защитного покрытия – ширина повреждения защитного покрытия может превышать ширину зоны действия анодной защиты, поэтому коррозионная стойкость соединения оценивается как 25...30 % от стойкости основного металла;
- при **дуговой пайке** проволокой из алюминиевых сплавов – наблюдается незначительное повреждение защитного покрытия на расстоянии 2...4 мм в обе стороны от шва, при этом может сохраняться до 35...50 % толщины от исходного защитного покрытия – ширина повреждения защитного покрытия

практически равна ширине зоны действия анодной защиты, поэтому коррозионная стойкость соединения оценивается как 85...90 % от стойкости основного металла;

- при **пайке** проволокой из цинковых сплавов – наблюдается незначительное повреждение защитного покрытия на расстоянии 1,5...3,0 мм в обе стороны от шва, при этом может сохраняться до 90 % толщины от исходного защитного покрытия – ширина повреждения защитного покрытия меньше ширины зоны действия анодной защиты, поэтому коррозионная стойкость соединения оценивается как 90...95 % от стойкости основного металла;

- при **пайке** оловяно-свинцовистыми припоями – наблюдается крайне незначительное повреждение защитного покрытия, при этом может сохраняться до 90 % толщины от исходного защитного покрытия – ширина повреждения защитного покрытия меньше ширины зоны действия анодной защиты, поэтому коррозионная стойкость соединения оценивается как 90...95 % от стойкости основного металла;

Электродный материал и способ сварки существенно влияют на прочность сварных соединений из оцинкованных сталей. Самая высокая прочность сварного соединения достигается в случае использования ручной дуговой сварки штучными электродами и механизированной дуговой сваркой в среде защитного газа. При этом сварной шов получается практически равнопрочным с основным металлом. Если используется пайка проволоками на основе цветных металлов, то коррозионная стойкость соединения существенно повышается, однако наблюдается значительное снижение прочности соединения. В таблице 2.1 выполнен анализ прочностных свойств соединения оцинкованных деталей при использовании различных способов [10].

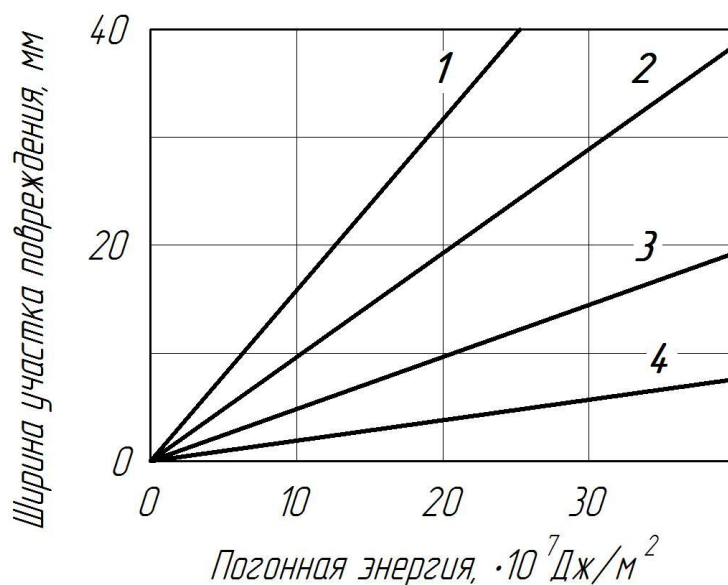
Таблица 2.1 – Способы соединения оцинкованных узлов прочность соединений

Способ соединения деталей	Электродный материал	Защитная атмосфера	Прочностные свойства стыковых соединений, σ_B
1. Ручная дуговая сварка штучными электродами	Покрытый электрод на основе железа: марок Св-08; Св-08А	CO ₂	Равнопрочное с основным металлом
2. Механизированная дуговая сварка в защитных газах	Проволока на основе железа: марок Св-08Г2С, Св-06Х19Н9Т	CO ₂ , Ar+CO ₂	Равнопрочное с основным металлом
3. Дуговая пайка проволокой из медных сплавов	Проволока из медного сплава: марок CuAl ₃ ; CuAl ₈	Ar	(0,8...0,9) σ_B
4. Дуговая пайка проволокой из алюминиевых сплавов	Проволока из алюминиевого сплава: марки AlSi ₅	Ar	(0,4...0,45) σ_B
5. Пайка проволокой из цинковых сплавов	Припой на основе цинка: марки ZnAl ₄	Ar	(0,3...0,35) σ_B
6. Пайка оловянно-свинцовистыми припоями	Припой оловянно-свинцовистый: марки ПОС 40	Воздух	(0,1...0,2) σ_B

Прочность соединения, выполненных с применением дуговой пайки проволоками из медных сплавов, близка к прочности основного металла (0,8...0,9 σ_B), незначительный переход цинка в шов из защитного покрытия не ухудшит свойств соединения. Если для соединения оцинкованных деталей использовалась проволока из алюминиевых сплавов, то такое соединение будет обладать существенной хрупкостью, при этом в зависимости от содержания в сплаве железа повышается вероятность образования трещин.

В случае дуговой сварки и пайки следует применять значения параметров режима, обеспечивающие минимальное вложение энергии в шов (минимальная погонная энергия дуговой сварки и дуговой пайки). Однако малая погонная энергия приводит к снижению устойчивости горения дуги, при этом затрудняется манипулирование горелкой и существенно уменьшается производительность.

Как показывает практика [10] увеличение погонной энергии дуговой сварки и дуговой пайки приводит к линейному увеличению ширины зоны повреждения защитного цинкового покрытия (рис. 2.1).



1 – зона окисления защитного покрытия; 2 – зона расплавления цинкового покрытия; 3 – зона выкипания цинкового покрытия при сварке; 4 – зона выкипания цинкового покрытия при пайке

Рисунок 2.1 – Ширина зоны повреждения защитного цинкового покрытия при соединении листов толщиной 2 мм

В ходе экспериментов [10] установлено, при сварке проволоками на основе железа (Св-08Г2С и Св-06Х19Н9Т) разрушение защитного цинкового покрытия превышает размер критической зоны действия анодной защиты. В результате этого механизм анодной защиты при классической механизированной дуговой сварке в среде защитных газов не работает, и такие соединения обладают наименьшей коррозионной стойкостью.

Не самым лучшим вариантом с точки зрения обеспечения коррозионной стойкости следует признать и дуговую пайку электродной проволокой на основе меди (CuSi_3 , CuAl_8). При использовании такой проволоки в соединении образуется гальваническая пара, которая приводит к повышению интенсивности коррозионного разрушения.

Самыми стойкими против коррозии следует признать соединения, выполненные с применением пайки проволоками на основе алюминия ($AlSi_5$) и пайки проволоками на основе цинка ($ZnAl_4$) (рис. 2.2). Высокую коррозионную стойкость можно объяснить низкой температурой плавления рассматриваемых цветных металлов (меди – 1083 °С; алюминия – 660 °С; цинка – 419 °С), в то время, как у железа температура плавления составляет 1539 °С. Из-за низкой температуры плавления уменьшается погонная энергия, которая необходимо для образования соединения. В свою очередь, это приводит к уменьшению вложения тепла в изделие и уменьшению повреждения защитного цинкового слоя.

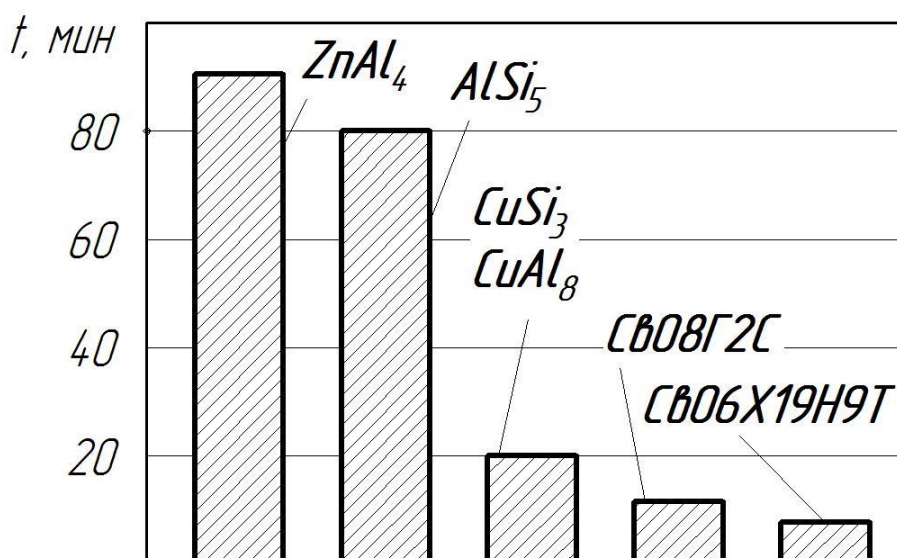


Рисунок 2.2 – Время t , за которое происходит полное растворение цинкового покрытия до основного металла, для соединений, которые были выполнены сваркой и пайкой с применением проволок с различным химическим составом

При пайке электродной проволокой на основе алюминия ($AlSi_5$) практически полностью отсутствуют повреждения защитного покрытия, на поверхности шва образуется защитная оксидная пленка. В результате антикоррозионные свойства соединения сохраняются на уровне основного металла.

Первые сообщения о холодном переносе металла (Cold Metal Transfer - CMT) появились в 2005г. после долгих лет интенсивных исследований на фирме «Fronius». Процесс CMT особенно эффективен для соединения материалов при пониженном тепловложении, например, соединения стали с алюминием. Он быстро завоевал признание, а вместе с ним и новые области применения.

Некоторые материалы и методы применения не выдерживают высоких температур, связанных со сварочным процессом. Во избежание прожога и образования брызг, а также с целью обеспечения металлургического соединения для их обработки требуются более низкие температуры. Система «CMT» сейчас делает это возможным. Конечно же, в области сварочных процессов «холодный» является понятием относительным, но по сравнению с традиционным процессом MIG/MAG CMT представляет собой холодный процесс. Характеристика режима: горячий, холодный, горячий, холодный. Такие «переменные сварочные ванны» стали возможными благодаря новой технологической разработке фирмы «Fronius», прежде всего, за счет включения блоков подачи проволоки в систему регулировки процесса сварки. Результат: автоматизированная сварка и пайка CMT без образования брызг, материалов из Al и CrNi сплавов для сверхтонкого листа толщиной от 0,3 мм до 3,0 мм, а также идеально подходит для соединений металлоконструкций из Al и оцинкованной стали, и корневого прохода при сварке труб.

Процесс CMT устанавливает новые стандарты сварочной техники. С помощью данного процесса можно выполнять все задачи, осуществляемые в автоматизированном режиме или с поддержкой робота; возможно применение всех основных и присадочных материалов [9].

2.2 Сварочная проволока

В источнике [6] представлены результаты испытания эксплуатационных свойств сварных соединений из оцинкованной стали SUS309, и стали SUS329. В сварном шве происходит образование трещин, что объясняется охрупчиванием металла сварного шва из-за попадания в него цинка из покрытия.

Для уменьшения растрескивания предложено регулировать содержание в металле сварного шва таких элементов, как углерод, кремний, марганец, никель и хром (C, Si, Mn, Ni и Cr). Это позволит получить в сварном шве ферритную структуру. Также предлагается использовать порошковую сварочную проволоку из нержавеющей стали, в сердечнике которой вводят оксид титана (TiO_2) [12].

Недостатком таких методов является низкая пластичность металла шва, малая стабильность горения дуги и плохая отделяемость шлаковой корки.

Предлагается для сварки металлических конструкций с защитным цинковым покрытием использовать порошковую сварочную проволоку, оболочка которой выполнена из нержавеющей стали.

Таблица 2.2 – Содержание основных элементов в оболочке и флюсе предлагаемой порошковой проволоки

Компоненты оболочки (по отношению к общей массе проволоки), %				
Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Хром
0,01...0,05	0,1...1,5	0,5...3,0	7,0...10,0	26,0...30,0
Компоненты флюса (по отношению к общей массе проволоки), %				
TiO_2	SiO_2	ZrO_2	Al_2O_3	
3,8...6,8	1,8...3,2	0...1,3	0...0,5	

Отрицательное влияние углерода (C) проявляется в снижении коррозионной стойкости сварного соединения. Положительное влияние углерода проявляется в обеспечении прочности металла сварного шва и

повышении стабильности горения дуги. Если углерода в металле шва содержится больше более 0,05%, наблюдается интенсивное выделение карбидов и падение пластичности металла сварного шва. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание углерода составляет 0,01...0,05%.

Положительное влияние кремния (Si) проявляется в улучшении отделяемости шлака. Отрицательное влияние кремния проявляется в падении пластичности металла сварного шва, если содержание кремния превышает 1,5 %. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание кремния составляет 0,1...1,5%.

Положительное влияние марганца (Mn) проявляется в стабилизации аустенитной фазы в металле сварного шва, повышении его пластичности, если содержание марганца составляет более 0,5%. Отрицательное влияние марганца заключается в ухудшении отделяемости шлака, если его содержание превышает 3 %. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание марганца составляет 0,5...3,0%.

Положительное влияние никеля (Ni) проявляется в стабилизации аустенитной фазы в структуре сварного шва, повышении его пластичности, если содержание никеля составляет более 7 %. Отрицательное влияние никеля проявляется в повышении склонности к растрескиванию при попадании в сварной шов цинка. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание никеля составляет 7,0...10,0%.

Положительное влияние хрома (Cr) проявляется в повышении коррозионной стойкости металла сварного шва и увеличении содержания ферритной фазы, что подавляет растрескивание. Хорошая коррозионная стойкость металла сварного шва обеспечивается при содержании хрома около 13,0%. С учётом того, что в процессе сварки в металле сварного шва переходит только половина хрома из сварочной проволоки, и в основном металле хрома не содержится, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание хрома составляет 26,0...30,0 %.

Положительное влияние оксида титана (TiO_2) проявляется в предотвращении растрескивания при попадании в сварной шов цинка и повышении покрывающей способности шлака при содержании TiO_2 более 3,8 %. Отрицательное влияние TiO_2 проявляется в увеличении разбрызгивания и снижении стабильности размеров сварного шва при содержании более 6,8%. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание оксида титана составляет 3,8...6,8 %.

Положительное влияние оксида кремния (SiO_2) проявляется в улучшении отделяемости шлака и получении гладкого наплавленного валика при содержании SiO_2 более 1,8 %. Отрицательное влияние оксида кремния проявляется в увеличении разбрызгивания при содержании SiO_2 более , 3,2 %. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание оксида кремния составляет 1,8...3,2 %.

Положительное влияние оксида циркония (ZrO_2) проявляется в хорошей отделяемости шлака. Отрицательное влияние оксида циркония проявляется в увеличении разбрызгивания и снижении стабильности размеров сварного шва при содержании более 1,3%. Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание оксида циркония составляет 0...1,3 %.

Положительное влияние оксида алюминия (Al_2O_3) проявляется в подавлении растрескивания при попадании в сварной шов цинка и повышении стабильности горения дуги. Отрицательное влияние оксида алюминия проявляется в ухудшении отделяемости шлака при содержании Al_2O_3 более 0,5%. , Исходя из этого, в предлагаемой сварочной проволоке суммарное содержание оксида алюминия составляет 0...0,5 %.

Если общее содержание шлакообразующего материала превышает 10,5%, наблюдается усиление разбрызгивания (рис. 2.3). В связи с этим суммарное содержание в сварочной проволоке шлакообразующих материалов не должно превышать 10,5%.

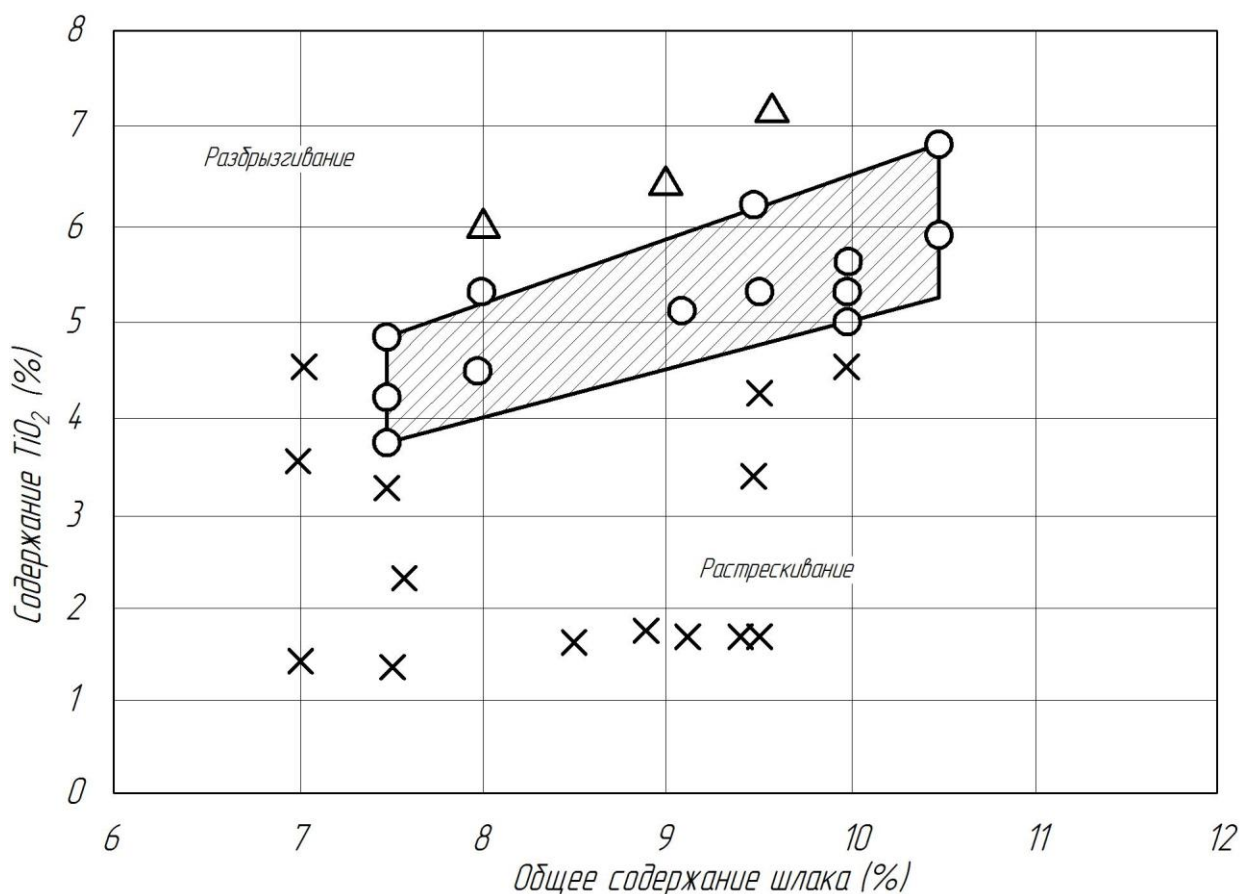
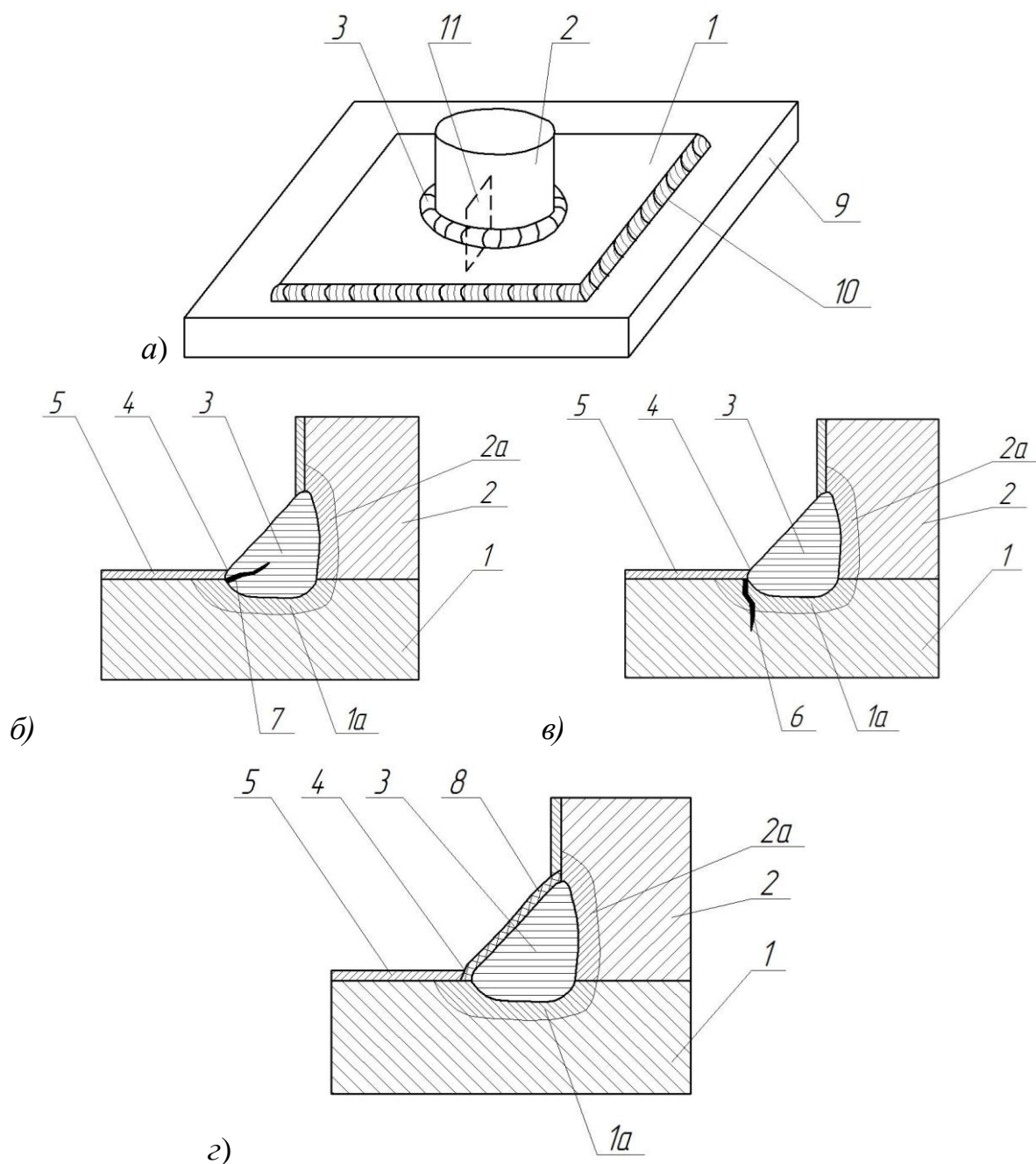


Рисунок 2.3 – Оптимальное суммарное содержание шлакообразующих элементов и содержание оксида титана при сварке металлических конструкций с защитным цинковым покрытием

Оценку склонности к растрескиванию выполняли на образцах (рис. 2.4). Лист оцинкованной стали 1 помещали на массивную стальную плиту 9. Со всех сторон приваривали лист 1 к плите 9 угловыми швами 10. На лист 1 устанавливали круглую стальную болванку 2. Выполняли сварку угловыми швами 3 болванки 2 и листа 1. После сварки в поперечном сечении 11 оценивали растрескивание. Примеры растрескивания, происходящего в металле сварного шва (рис. 2.4, б) и от границы наружной поверхности сварного шва к зоне термического влияния основного металла (рис. 2.4, в).

Растрескивание (рис. 2.4, г) предотвращается из-за того, что шлак 8 препятствует попаданию цинка 5 в зону 1а термического влияния. При этом обеспечивается хорошая коррозионная стойкость сварного шва.



1 - оцинкованный стальной лист; 2 - круглая стальная болванка; 1а, 2а - зона термического влияния; 3 - сварной шов, в котором изучается растрескивание; 4 - наружная поверхность сварного шва; 5 – защитное цинковое покрытие; 6 – трещина в зоне термического влияния; 7 – трещина в металле сварного шва; 8 - отвержденный шлак; 9 – массивная плита; 10 - фиксирующий сварной шов; 11 - изучаемое на растрескивание сечение

Рисунок 2.4 – Испытание на растрескивание образцов (а), трещина в металле шва (б) и зоне термического влияния (в), предотвращение растрескивания (з)

Заключение по второму разделу

Во втором разделе выпускной квалификационной работы рассматривались элементы технологии сварки технологических трубопроводов из сталей с защитным цинковым покрытием. Для выполнения этого раздела были сформулированы задачи:

- 1) произвести анализ альтернативных способов сварки оцинкованных трубопроводов и обосновать выбор наиболее эффективного способа сварки;
- 2) предложить сварочные материалы, обеспечивающие повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов из труб с защитным цинковым покрытием.

Решая первую задачу, были рассмотрены такие способы выполнения металлических конструкций, как ручная дуговая сварка, механизированная дуговая сварка в защитных газах, дуговая пайка проволокой из медных сплавов, дуговая пайка проволокой из алюминиевых сплавов, пайка проволокой из цинковых сплавов и пайка оловянно-свинцовыми припоями.

Установлено, что самым перспективным следует признать дуговую механизированную сварку, которая позволяет получить соединения с высокой прочностью. Повышение коррозионной стойкости сварных швов может быть достигнуто за счёт применения импульсного управления горением сварочной дуги, реализуемого, например, в процессе СМТ.

Решая вторую задачу, была предложена проволока с порошковым наполнителем, сварка с использованием которой позволяет получать высокую прочность и коррозионную стойкости швов.

Таким образом, можно заключить, что поставленные задачи выполнены, однако необходимо произвести анализ предложенных технологических решений на предмет безопасности труда и экологической безопасности. Также следует выполнить оценку экономической эффективности предлагаемых технологических решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварки технологического трубопровода в тепличных хозяйствах.

Технология сварки предусматривает использование механизированной дуговой сварки с импульсным управлением сварочной дугой. При этом выполняются следующие операции: входной контроль, подготовка кромок труб, сборка под сварку, сварка корневого слоя шва, заполнение разделки, контроль качества.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Входной контроль	Дефектоскопист	Лупа, универсальный шаблон сварщика	Рукавицы
2. Подготовка труб	Газоэлектросварщик	Вращатель, плазменно-воздушный резак, машинка угловая шлифовальная	Круг абразивный, электроды сварочные
3. Сборка	Слесарь-сборщик	Центратор, шаблон сварщика	Рукавицы

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
4. Сварка корневого шва	Электрогазосварщик	Источник питания Invertec STT II, полуавтомат сварочный, машинка угловая шлифовальная	Сварочная проволока, углекислый газ
5. Заполнение разделки	Электрогазосварщик	Источник питания Invertec STT II, полуавтомат сварочный, машинка угловая шлифовальная	Сварочная проволока, углекислый газ
6. Контроль качества	Дефектоскопист ультразвукового контроля	Ультразвуковой дефектоскоп А1214 «Эксперт»	Вода техническая

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Входной контроль	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Острые края труб
2. Подготовка труб	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Вращатель, плазменно-воздушный резак, машинка угловая шлифовальная
3. Сборка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	Центратор, шаблон сварщика

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Сварка корневого шва	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Источник питания Invertec STT II, полуавтомат сварочный, машинка угловая шлифовальная
5. Заполнение разделки	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенный уровень ультрафиолетовой радиации - повышенный уровень инфракрасной радиации	
6. Контроль качества	- повышенный уровень ультразвука	Ультразвуковой дефектоскоп А1214 «Эксперт»

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-
3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Повышенный уровень ультрафиолетовой радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенный уровень инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенный уровень ультразвука	Экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне.	-

Для одежды сварщика применим костюм «Прометей» (рис. 3.1 а). Костюм состоит из куртки и брюк. Куртка на кокетке, потайная застежка на петли и пуговицы, карманы в рельефных швах; дополнительно усилена накладками из специальной защитной ткани; по кокетке спинки — вентиляционные отверстия. Брюки на поясе, застежки в боковых швах на петли и пуговицы, передние и задние половинки усилены накладками из специальной ткани. Световозвращающая полоса 5см и огнестойкие нитки.

Для защиты лица применим маску «Катран-2» (рис. 3.1 б). Маска с внешним ручным регулятором затемнения, регулировка расстояния между лицом и маской позволяет использовать респиратор. Изготовлена из полиамида с храповым наголовным креплением. Светофильтр: АСФ 4 / 9-13 DIN - 110 x 90 мм. Скорость затемнения / осветления: 0,0005 сек / 0,1-0,5 сек. Питание: аккумулятор с подзарядкой от солнечных батарей. Надежная защита глаз от прямых излучений сварочной дуги, искр и брызг расплавленного металла, от воздействий твердых частиц с высоким уровнем кинетической энергии при проведении электросварочных работ.

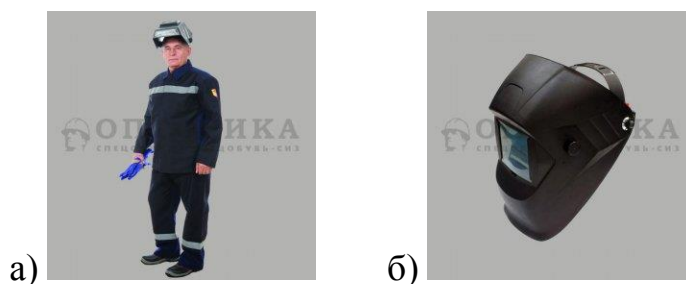


Рисунок 3.1 – Средства индивидуальной защиты сварщика: а) костюм «Прометей»; б) маска «Катран-2»

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок ремонтной сварки трубопровода	Источник питания Invertes STT Ц, полуавтомат сварочный, машинка угловая шлифовальная	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (закрывание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Для первичного тушения пожаров применим огнетушитель химический пенный ОХП-10 (рис. 3.2) предназначен для тушения пожаров химической пеной, которая образуется в результате воздействия щелочной и кислотной частей заряда.



Рисунок 3.2 – Огнетушитель ОХП-10

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-10
Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Пожарные автомобили (вызываются)
Перечень стационарных систем пожаротушения	-
Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	-
Пожарное оборудование на участке сварки	Краны пожарные напорные пожарные рукава
Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре	План эвакуации
Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Лопата, багор, топор
Системы связи и оповещения на участке сварки	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Ремонтная сварка трубопровода	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

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
Сварка трубопровода	Подготовка, сборка, сварка	газообразные вещества, выделяющиеся при сварке; сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовые отходы.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи сварки трубопровода горячего водоснабжения тепличного хозяйства. Трубопровод горячего водоснабжения изготавливается из стальных труб и фасонных частей, которые имеют защитное цинковое покрытие. При дуговой сварке металлических конструкций, покрытых защитным слоем цинка, цинк под воздействием тепла электрической дуги из защитного слоя интенсивно испаряется. Температура кипения цинка значительно меньше температуры плавления металла и составляет всего 906 °С. Если цинк из защитного покрытия попадает сварочную ванну, то происходит усиленное порообразование и повышается склонность металла шва к кристаллизационным трещинам.

В соответствии с базовой технологией строительство трубопровода горячего водоснабжения тепличного хозяйства выполняется с применением ручной дуговой сварки и предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) входной контроль заготовок, сварочных материалов и оборудования;
- 2) разделка кромок труб под сварку;
- 3) сборка труб под сварку;
- 4) прихватка и сварка;
- 5) контроль качества сварочных работ.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при строительстве трубопровода из оцинкованной стали принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения перспективной порошковой сварочной проволоки предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов. Экономические расчёты будем выполнять на один стык трубопровода с учётом изменяющихся операции технологического процесса сборки и сварки.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	2	2
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	54120	130680
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} , \quad (4.1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_{э} = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right) , \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

(4.3)

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

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{маш}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{всп}} = 10\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{обсл}} = 5\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{отл}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{отл}} = 5\%$ от $t_{\text{маш}}$;

$t_{П-З}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{ОП-З} = 1\%$ от $t_{МАШ}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{Г} = \frac{F_{Э}}{t_{шт}}, \quad (4.4)$$

где $F_{Э}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на один стык трубопровода по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$П_{Г.баз.} = 4108/4,84 = 848 \text{ стыков за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/2,06 = 1994 \text{ стыков за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы

$\Pi_{\Gamma}=400$ стыков.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{э}} \cdot K_{ВН}}, \quad (4.5)$$

где Π_{Γ} – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{ВН}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{4,84 \cdot 400}{4108 \cdot 1,03} = 0,46$$

$$n_{РАСЧ.ПП} = \frac{2,06 \cdot 400}{4108 \cdot 1,03} = 0,20$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического

процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 0,46/1 = 0,46$$

$$K_{зп} = 0,20/1 = 0,20$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При сварке стыков трубопровода используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки порошковой проволоки в защитном газе, для которой сварочными материалами будут порошковая проволока и углекислый газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут

использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии сварки стыков трубопровода с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки стыка. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку порошковой проволокой в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные стыки труб без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при сварке базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_b = (335 \cdot 1,7 + 148,5) \cdot 1,05 = 313,98 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = (177,88 \cdot 1,4 + 60,0 \cdot 11,67) \cdot 1,05 = 178,28 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$.

Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 4,84 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1742,40 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 2,06 \cdot 200 \cdot 1,88 = 774,56 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 1742,40 \cdot 12/100 = 209,09 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 774,56 \cdot 12/100 = 92,95 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 1742,40 + 209,09 = 1951,49 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 774,56 + 92,95 = 867,51 \text{ рублей.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Осс_{баз.} = 1951,49 \cdot 30 / 100 = 663,51 \text{ руб.}$$

$$Осс_{проектн.} = 867,51 \cdot 30 / 100 = 294,95 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{об}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (2.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{54120 \cdot 21,5 \cdot 4}{4108 \cdot 100} = 11,33 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{130680 \cdot 21,5 \cdot 1,7}{4108 \cdot 100} = 11,63 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 3,02}{0,7} = 40,00 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{8 \cdot 1,7 \cdot 3,02}{0,85} = 28,00 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 11,33 + 40,00 = 51,33 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 11,63 + 28,00 = 39,63 \text{ рублей}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 313,98 + 1951,49 + 663,51 + 51,33 = 2980,31 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 178,28 + 867,51 + 294,95 + 39,63 = 1380,37 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 2980,31 + 1,5 \cdot 1742,40 = 2980,31 + 2613,60 = 5593,91 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1380,37 + 1,5 \cdot 774,56 = 1380,37 + 1161,84 = 2542,21 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{завБаз.}} = 5593,91 + 1,15 \cdot 1742,40 = 5593,91 + 2003,76 = 7597,67 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 2542,21 + 1,15 \cdot 774,56 = 2542,21 + 890,74 = 3432,95 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	313,98	178,28
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	1951,49	867,51
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	663,51	294,95
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	51,33	39,63
5. Величина технологической себестоимости	Стех	2980,31	1380,37
6. Объём цеховых расходов	Рцех	2613,60	1161,84
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	5593,91	2542,21
8. Объём заводских расходов	Рзав	2003,76	890,74
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{зав}}$	7597,67	3432,95

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $Ц_{\text{ОБ.Б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Ц_{\text{ОБ.Б}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

N_A – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 541200 - (541200 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 19212,6 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 19212,6 \cdot 0,46 = 8837,80 \text{ рублей}$$

Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБ.ПР}} + K_{\text{ПЛ.ПР}} + K_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = Ц_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 130680 \cdot 1,05 \cdot 0,20 = 27442,8 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 54120 \cdot 0,05 = 2705 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \text{Ц}_{\text{ГР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 130680 \cdot 0,05 = 6534 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 2705 + 6534 = 9239 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 27442 + 9239 = 36681 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{ДОП}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.}}$$
 (4.24)

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДОП}} = 36681 - 8837 = 27844 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{УД}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{P_{\Gamma}},$$
 (4.25)

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{удБаз.} = 36681/400 = 91,70 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 8837 /400 = 22,09 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% . \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} . \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$П_T = \frac{100 \cdot 57}{100 - 57} = 133\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{2980,31 - 1380,37}{2980,31} \cdot 100\% = 54\%$$

Условно-годовую экономию $Пр_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (7597,67 - 3432,95) \cdot 400 = 1665888 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{OK} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{27844}{1665888} = 0,16$$

Годовой экономический эффект Δ_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta_r = 1665888 - 0,33 \cdot 27844 = 1656700 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии сварки стыков трубопровода с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки стыка. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку порошковой проволокой в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные стыки труб без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 57 %, увеличивается

производительность труда на 133 %, уменьшается технологическая себестоимость на 54 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,66 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,65 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,16 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение качества и производительности сварки технологических трубопроводов из оцинкованной стали за счёт применения современных достижений науки и техники в области выполнения сварных конструкций из сталей с защитными покрытиями.

В ходе анализа состояния вопроса сварки трубопроводов из оцинкованных труб описана система водоснабжения тепличного хозяйства; выполнен анализ материала для изготовления трубопроводов; описана базовая технология сборки и сварки трубопровода; сформулированы недостатки базовой технологии; сформулированы трудности при дуговой сварке оцинкованных труб.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при строительстве трубопровода из оцинкованной стали принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения перспективной порошковой сварочной проволоки получено снижение трудоемкости сварки на 57 %, повышение производительности на 133 % и повышение качества сварочных швов за счёт отсутствия дефектов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,65 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при строительстве технологических трубопроводов из оцинкованных труб. Также результаты могут быть использованы при строительстве металлических конструкций с защитным цинковым покрытием.

Список используемой литературы

1. Зарубина, Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. – М.: Инфра-Инженерия, 2015. – 224 с.
2. Марутьян, С. В. Анализ производства оцинкованной продукции в России и Европе / С. В. Марутьян, Ю. С. Волков // Метизы. – 2005. – № 9. – С. 40-43
3. Игнатенко, Т. Битва за качество: [обзор материалов 9-й международной конференции «Оцинкованный и окрашенный прокат: тенденции производства и потребления»] // Металлоснабжение и сбыт. – 2014. – № 4. – С. 40–48
4. Alexa, A., Influence of additional alloying elements on corrosion resistance of hot-dip galvanised steels (Conference Paper) / A. Alexa, T. Radu, F. Potecasu, A. Ciocan // 6th International Materials Symposium, Materials Science Forum. – 2013. - Volume 730. - Pages 811-816
5. Горбачёв, С.В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 30ХГСА в режиме сверхпластической деформации / С.В. Горбачёв, диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук.– Уфа, 2005.
6. Патент РФ № 2482947 Сварочная проволока из нержавеющей стали с флюсовым сердечником для сварки оцинкованного стального листа и способ дуговой сварки оцинкованного стального листа с применением указанной сварочной проволоки / КОДАМА Синдзи (JP), АСАИ Кенити (JP), МИДЗУМОТО Манабу (JP), ИСИДА Ёсинари (JP). – 2013.
7. Шатов, А.П. Металлургические и технологические основы сварки оболочковых конструкций с противокоррозионными покрытиями: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Москва: Государственная академия нефти и газа им. И.М. Губкина. – 1997.

8. Патент РФ № 2247888 Способ соединений оцинкованных труб / Энтони Коста. – 2003.

9. Слюта, В.П. Технология сварки СМТ (оборудование и примеры использования) // Международная научно-техническая конференция "Проблемы сварки, родственных процессов и технологий». – Николаев: Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова. – 2009. – С. 104.

10. Загорыкина, А.К. Особенности дуговой пайки тонколистовой оцинкованной стали / А.К. Загорыкина, Н.М. Стреленко // Технологические системы. – № 4. – 2014. – С. 42–45.

11. Дуговая сварка и пайка оцинкованных узлов теплотрасс и их коррозионная стойкость / А.В. Лупачёв, С.К. Павлюк // Промышленность. Прикладные науки.- Машиностроение. – 2011. – №3. – С.21–27.

12. Патент JP4303655. Welding method of galvanized steel plate having excellent corrosion resistance and zinc embrittlement cracking resistance of weld / Kodama Shinji, Hamaya Hideki, Mizuhashi Nobuo, Asai Kenichi, Nishimura Kazumi. – 2009.

13. Ланкин, Ю.Н. //Автоматическое управление процессом сварки, плавящимся электродом в CO₂ с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка (Обзор) / Ланкин, Ю.Н. / Автоматическая сварка. – 2007. – № 1. – С. 3–10.

14. Бондаренко, В.Л. Дуговая сварка с импульсной подачей электродной проволоки – процесс СМТ, предложенный фирмой «Фрониус» / Бондаренко, В.Л. / Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 55–58.

15. Химмельбауер К. Процесс СМТ – революция в сварочных технологиях / Химмельбауер К. / Сварщик в России. – 2010. – № 3. – С. 28–32.

16. Патент № 1313902 Канада. Способ и устройство для сварки короткими замыканиями / Lincoln Electric Company. – 1988.

17. Карасев, М.В. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах / М.В. Карасев и др. // Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 38–41.

18. Зябкин, О.В. Влияние параметров импульсной сварки методом STT на тепловыделение и структуру соединения / О.В. Зябкин, В.Н. Кусков, ДА. Потапов, А.П. Крылов // Заготовительные производства а в машиностроении – 2009. – № 4. – С. 13–15.

19. Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, - 135с.