

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 Технология сварки трубопроводов из карбамидных сталей на ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

А.А. Тихонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

(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

Цель настоящей работы – снижение затрат и повышение производительности при сварке трубопроводов.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Выбран материал трубопровода с меньшей стоимостью;
2. Выбран присадочный материал и режимы сварки;
3. Разработан типовой технологический процесс сварки трубопровода;
4. Выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Выполнена экономическая оценка варианта механизированной сварки с применением отечественных материалов.

Пояснительная записка содержит 45 страниц при 6ти рисунках и 9ти таблицах. Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Анализ показал, что для замены дорогостоящей стали зарубежного производства отечественная промышленность выпускает подходящие заменители. Наилучшими свойствами, как заменитель, обладает сталь 02Х25Н22М2.

Предложено применить механизированную сварку трубопровода выполненного из отечественного заменителя. При этом повышается производительность выполнения стыка и в целом снижаются затраты на материалы для трубопровода.

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	7
1.2 Анализ свойств материала трубопровода.....	10
1.3 Анализ применяемой на предприятии технологии	13
1.4 Анализ возможных способов сварки	21
1.5 Задачи работы.....	27
2 Проектный технологический процесс сварки трубопровода	28
2.1 Выбор отечественных аналогов вспомогательного материала	28
2.2 Технологический процесс сварки трубопровода.....	30
2.3 Оборудование	32
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	35
3.1 Характеристика разработанного технического объекта	35
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	36
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	37
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	38
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	41
3.6 Заключение по разделу	42
4 Определение экономической эффективности работы	43

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов.....	43
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	46
4.3 Капитальные вложения в оборудование.....	48
4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки.	51
4.5 Цеховая себестоимость.....	59
4.6 Заводская себестоимость.....	59
4.7 Определение экономической эффективности.....	60
4.8 Выводы по разделу.....	61
Заключение	63
Список используемых источников.....	64

Введение

Сварка нашла широкое применение на предприятиях химической промышленности, каковым является ПАО «КуйбышевАзот». Предприятие выпускает обширную номенклатуру химической продукции, важное место среди которой занимает карбамид. Выпуск карбамида на предприятии начался в 1968 году. Карбамид применяется в промышленности, как сырье для изготовления лекарств, клеев, косметических средств, пластмасс. Также применяется карбамид и для сельского хозяйства в качестве удобрения.

Производство карбамида основано на реакции аммиака с диоксидом углерода. Давление при этом достигает 200 атмосфер, температура 200°C. Обычные нержавеющие стали для емкостей, узлов и трубопроводов, задействованных в технологическом цикле производства карбамида не обладают стойкостью в условиях эксплуатации. Для повышения стойкости применяют стали аустенитного класса с добавками молибдена, так называемые карбамидные стали. Наличие молибдена в таких сталях повышает сопротивляемость точечной коррозии. Некоторые трубопроводы выполнены из импортной стали 310 MOLN (ASTM A312). Для сварки таких сталей применяют сварочную проволоку и электроды Thermanit. Это все дорогостоящие присадочные материалы.

Отечественные аналоги и стали 310 MOLN (ASTM A312) и присадочного материала отличаются существенно более низкой стоимостью. Отечественная промышленность выпускает карбамидные стали 10X17H3M2T, 03X17H14M3, 03X22H6M2, 08X17H13M2T, 02X25H22AM2 и других марок.

Другим негативным моментом является применяемый технологический процесс сварки. Для соединения трубопроводов применяют сварку неплавящимся электродом в среде аргона по методу TIG. Требуется высокая квалификация сварщика, так как приходится вручную выполнять манипуляции присадочным прутком и сварочной горелкой. Однако главным

недостатком является ограниченная длина присадочного прутка. Через достаточно непродолжительный промежуток времени сварщику приходится останавливать процесс, так как присадка закончилась. Выполняется замена электрода и рестарт. Подобного рода старты и остановки негативно отражаются на качестве соединения. Кроме того, требуется зачистка кратера перед рестартом, что также увеличивает трудоемкость сварки.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – снижение затрат и повышение производительности при сварке трубопроводов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Выпуск карбамида в мире ежегодно составляет около 100 миллионов тонн. В основном он применяется в качестве удобрений. Преимущество карбамида в том, что азот растения усваивают медленно. Синтез карбамида реализуется при высоких давлениях, около 200 атмосфер и температурах, около 200°C. Технологическая схема производства карбамида, реализованная на ПАО «Куйбышевазот» приведена на рисунке 1.1.

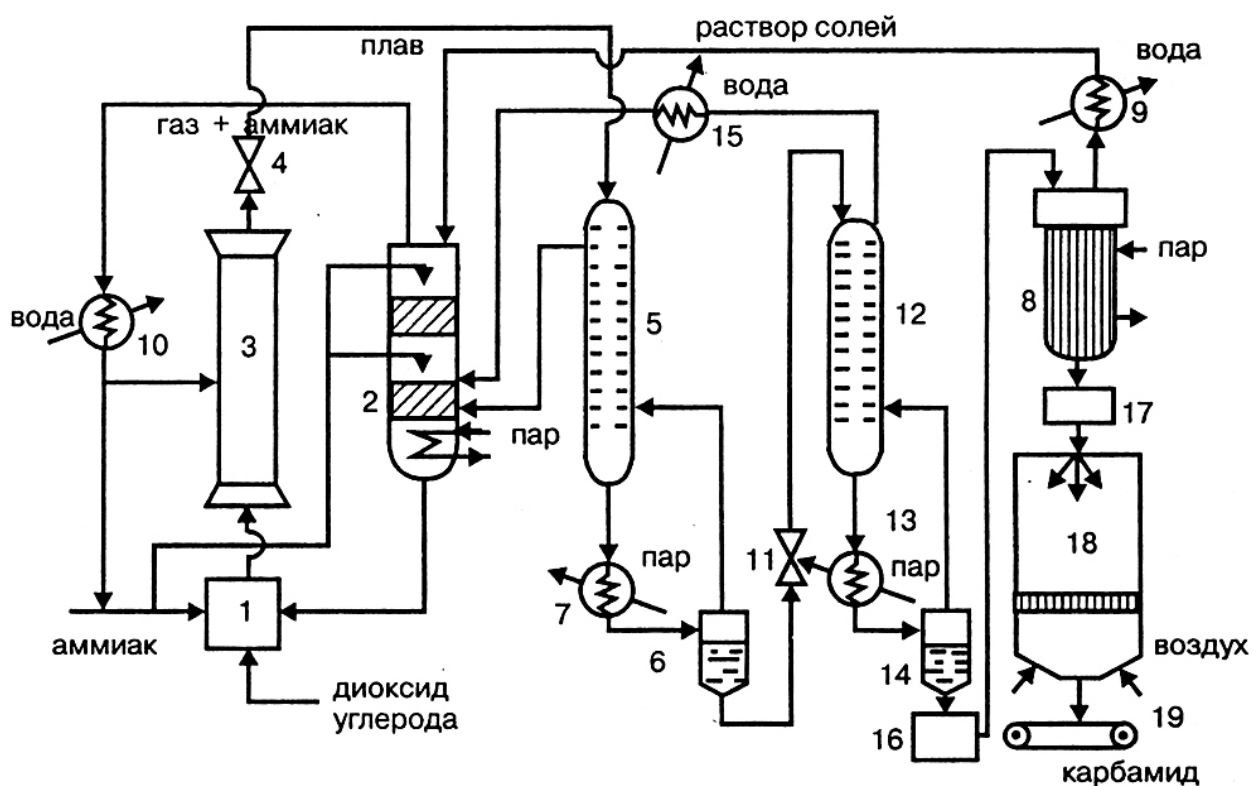


Рисунок 1.1 – Технологическая схема производства карбамида

На схеме цифрами обозначены: 1 – смеситель; 2 – промывная колонна; 3 – колонна синтеза; 4 – редуктор; 5 – ректификационная колонна 1 ступени; 6 - сепаратор; 7 – подогреватель; 8 – выпарной аппарат; 9,10,11 – холодильники; 12 - ректификационная колонна 2 ступени; 13 – подогреватель; 14 - сепаратор; 15 - холодильник; 16 – сборник; 17 – сборник плава; 18 – грануляционная башня; 19 – транспортер.

Жидкий аммиак, оксид углерода и раствор аммонийных солей из промывной колонны 2 поступают в смеситель 1, затем в колонну синтеза 3. Синтезированный в колонне карбамид после дросселирования в редукторе 4 подается в ректификационную колонну 5. Остатки газообразного аммиака поступают в промывную колонну 2 и оттуда отводят в холодильник-конденсатор 10. После сжижения аммиак возвращают в колонну синтеза 3. Раствор карбамида из сепаратора первой ступени 6 дросселируется до давления 0,3 МПа в редукторе 11 и подается в ректификационную колонну 12, откуда поступает в сепаратор 14. Из нижней части сепаратора 14 выходит 70% раствор карбамида, а из верхней – парогазовая смесь, содержащая аммиак, диоксид углерода и пары воды, которая поступает в нижнюю часть ректификационной колонны 12. Газовая смесь из колонны 12 охлаждается в холодильнике-конденсаторе 11 и в виде раствора аммонийных солей подается в нижнюю часть промывной колонны 2. Раствор карбамида из сепаратора второй ступени 14 собирается в сборнике 16 и подается на упаривание в аппарат 8. В грануляционной башне 18 карбамид распыляется. Образовавшиеся гранулы транспортером 19 подают на операцию упаковки.

Оборудование, задействованное в производстве карбамида, соединено трубопроводами. В частности блок трубопровода, соединяющего промывную колонну и колонну синтеза, рисунок 1.2., состоит из трубы 1, отвода 4, бобышек 5, 6, штуцеров резьбовых 7, 8, 9, фланцев резьбовых 10,11,12. Расчетное давление в блоке 16,5 МПа, рабочее давление 15,7 МПа. Давление гидроиспытания в блоке достигает 20,6 МПа.

Температура эксплуатации рассматриваемого трубопровода расчетная 225°C, рабочая 191°C.

Перечисленные параметры условий эксплуатации рассматриваемого трубопровода требуют применения в качестве конструкционного материала специальных сталей. Рассматриваемый трубопровод выполнен из стали 310 MoLN (ASTM A 312). Химический состав стали приведен в таблице 1.1.

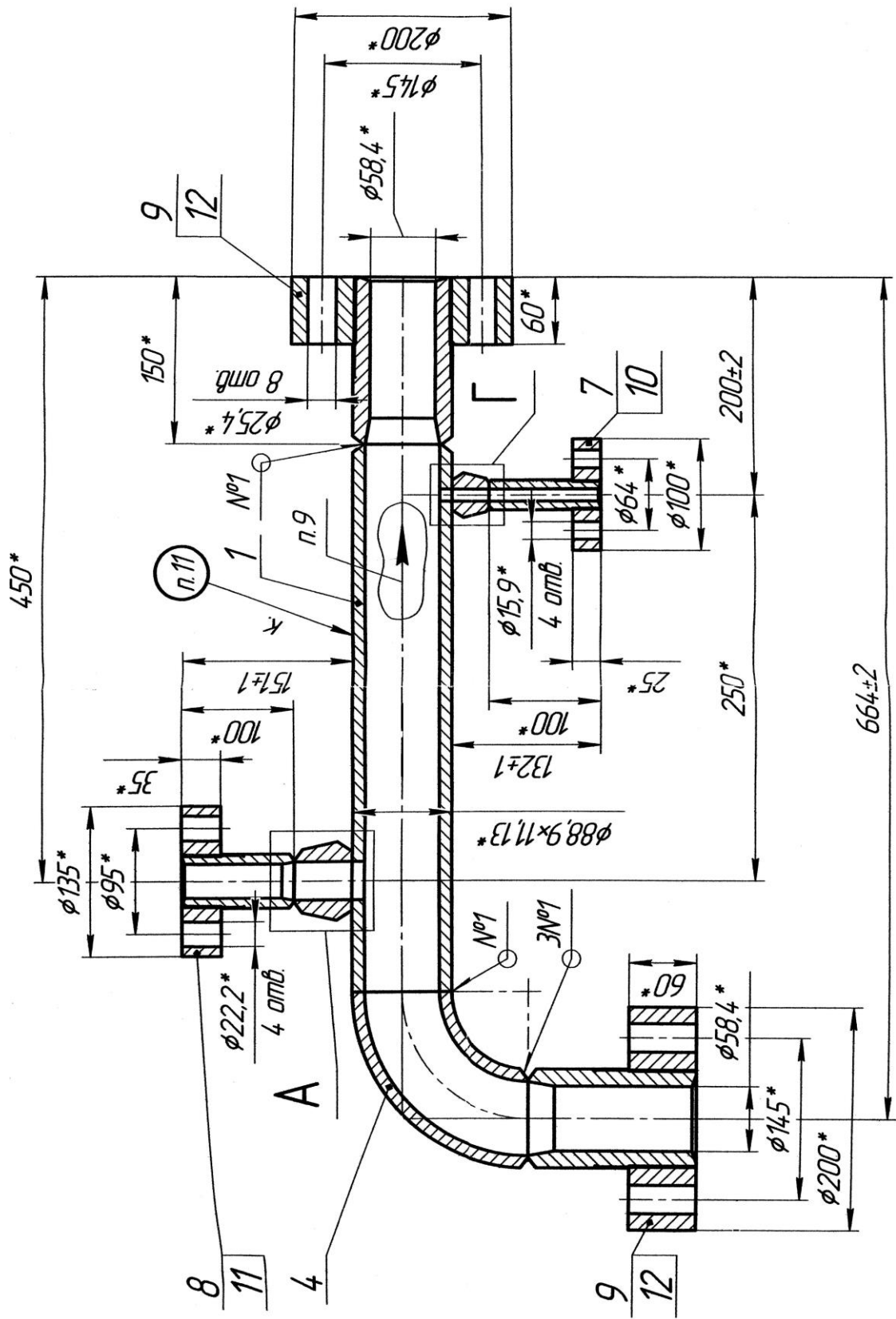


Рисунок 1.2 – Общий вид блока трубопровода

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 310 MoLN в %.

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Азот	Молибден	Сера	Фосфор
							Не более	
0,02	0,7	2,0	24-26	21-23	0,1-0,16	2,0-2,5	0,01	0,025

К нержавеющей стали относят группу коррозионностойких сталей с содержанием минимум 10,5 % хрома и низким содержанием углерода.

Добавки молибдена в больших количествах снижают склонность нержавеющей стали к точечной (питтинговой) коррозии.

Механические свойства стали приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 310 MoLN

Временное сопротивление, σ_B МПа	Предел текучести, σ_T МПа	Относительное удлинение, δ_0 , %
Не менее		
520	415	16-18

1.2 Анализ свойств материала трубопровода

Рассмотрим аналоги импортной стали 310 MoLN (ASTM A312). Для удобства анализа содержание химических элементов в отечественных аналогах сведено в таблицу 1.3.

Сопоставительный анализ по химическому составу показывает, что в качестве заменителя импортной стали 310 MoLN предпочтительно выбрать сталь 02X25H22AM2. Стоимость указанной стали 470 тыс. рублей за тонну.

Применяемая в настоящее время на предприятии технология сварки трубопроводов предусматривает вариант ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона. Данный вариант обладает недостатками и нуждается в замене.

Таблица.1.3 – Химический состав стали 310 MoLN и ее отечественных аналогов, в весовых %.

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	N	Mo
310 MoLN	0,02	0,7	2,0	24-26	21-23	0,1-0,16	2,0-2,5
03X21H21M4ГБ	0,03	0,6	1,8-2,5	20-22	20-22	-	3,4-3,7
08X21H6M2Т	0,08	0,8	0,8	20-22	5,5-6,5	Ti 0,2-0,4	1,8-2,5
03X22H6M2	0,03	0,4	1,0-2,0	21-23	5,5-6,5		1,8-2,5
02X25H22AM2	0,02	0,4	1,5-2,0	24-26	21-23	0,1-0,14	2,0-2,5

Для определения варианта технологии при сварке трубопроводов установки синтеза карбамида, обеспечивающего устранение перечисленных выше отрицательных сторон ручной дуговой сварки рассмотрим особенности свариваемости стали 02X25H22AM2. Анализ свариваемости данной стали позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу,

то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что одним способом сварки можно обеспечить свариваемость материала для одних условий эксплуатации, но для других условий эксплуатации тот же способ свариваемость не обеспечит. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Оценить свариваемость можно различными расчетными методами, в частности определив численные значения углеродного эквивалента. Формула Деардена и О-Нила рекомендована Международным институтом сварки (International Institute of Welding) [13]. Применительно к карбамидным сталям к достоинствам расчетов по формуле Деардена и О-Нила можно отнести то, что учитывается содержание молибдена.

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + Zr}{10} + \frac{Ni + Cu}{15} + 0.0025 \cdot \delta, \quad (1.1)$$

где: С – углерод, %;

Mn – марганец, %;

Cr – хром, %;

Ni – никель, %;

Cu – медь, %.

δ – толщина свариваемых кромок, мм, $\delta=11$ мм.

$$C_3 = 0,02 + \frac{2,0}{6} + \frac{27}{10} + \frac{22 + 0,25}{15} + 0.0025 \cdot 11 = 3 > 0,5\%$$

Имеет место склонность стали к образованию холодных трещин. Для расчета температуры предварительного подогрева применим формулу:

$$T = 350\sqrt{C_{Экв}(1 + 0,005S)} = 350\sqrt{3(1 + 0.005 * 0.01)} =$$

Склонность к образованию горячих трещин рассчитаем по зависимости:

$$HCS = \frac{C(S + P + Si / 25 + Ni / 100)10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$$

Если $HCS < 4$, то то склонности к образованию горячих трещин нет. Для высокопрочных сталей большой толщины необходимо, чтобы $HCS < 1,6 - 2$.

Определяем HCS для стали 02X25H22AM2

$$HCS = \frac{0,02(0,02 + 0,025 + 0,7 / 25 + 22 / 100)10^3}{3 * 2 + 25 + 2} = 0,33$$

Результаты расчетов показывают, что данная сталь не склонна к образованию горячих трещин.

Расчет по приведенным формулам показывает, что для сварки трубопроводов можно применить практически все известные способы дуговой сварки.

1.3 Анализ применяемой на предприятии технологии

Начальные операции технологического процесса сварки трубопровода входной контроль.

Трубы, и прочие детали для свариваемого трубопровода должны соответствовать ГОСТам или техническим условиям. К ним должны быть приложены сертификаты и паспорта заводов-изготовителей. Входной контроль металла (труб, листов, профильного проката), конструктивных элементов трубопроводов, поступающих на предприятие для монтажа включает следующие контрольные операции:

а) проверку наличия сертификата или паспорта, полноты приведенных в нем данных и соответствия этих данных требованиям стандарта, технических условий или конструкторской документации;

б) проверку наличия заводской маркировки и соответствия ее сертификатным или паспортным данным;

в) осмотр металла и конструктивных элементов для выявления поверхностных дефектов и повреждений.

При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных данных применение этого металла может быть допущено только после проведения испытаний, подтверждающих соответствие металла всем требованиям стандарта или технических условий.

Конструктивные элементы трубопроводов, не имеющие заводского паспорта (сертификата), не могут быть допущены для дальнейшего производства (монтажа, ремонта, укрупнения).

Трубы, детали трубопроводов и арматура с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются. На поверхностях труб и деталей не допускаются: 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.

Входной контроль основных материалов (металла и конструктивных элементов) осуществляет в соответствии с ГОСТ 24297—87 организация — заказчик этих материалов. Результаты входного контроля должны быть переданы монтажной организации.

Перед использованием сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и др.) должны быть проверены:

а) наличие сертификата (на электроды, проволоку и флюс), полнота приведенных в нем данных и их соответствие требованиям стандарта, технических условий или паспорта на конкретные сварочные материалы;

б) наличие на каждом упаковочном месте (пачке, коробке, ящике, мотке, бухте и пр.) соответствующих этикеток (ярлыков) или бирок с проверкой полноты указанных в них данных;

в) сохранность упаковок и самих материалов;

г) для баллонов с газом—наличие документа, регламентированного стандартом на соответствующий газ.

При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных сведений сварочный материал данной партии может быть допущен к использованию после проведения испытаний и получения положительных результатов по всем показателям, установленным соответствующим нормативным техническим документом (НТД) (стандартом, техническими условиями или паспортом) на данный вид материала.

В случае расхождения сертификатных данных с требованиями соответствующего НТД партия сварочных материалов к использованию не допускается.

Перед применением каждой партии электродов независимо от наличия сертификата должны быть проконтролированы;

а) сварочно-технологические свойства;

б) соответствие наплавленного металла легированных электродов требованиям марочного состава.

Результаты проверки электродов должны быть оформлены соответствующим актом.

Перед выдачей электродов сварщику необходимо убедиться в том, что они были прокалены и срок действия прокалки не истек

При наличии на этикетках пачек номеров замесов обмазки электродов (в пределах одной партии) рекомендуется проводить контроль каждого замеса.

Параметры подготовленного к сварке соединения трубы 1 и бобышки 6 и параметры готового сварного соединения отображены на рисунках 1.5 и 1.6.

Параметры подготовленного к сварке соединения трубы 1 и бобышки 5 отражены на рисунке 1.7.

Параметры подготовленного к сварке соединения бобышки 6 и штуцера резьбового 8 и параметры готового сварного соединения отображены на рисунке 1.4.

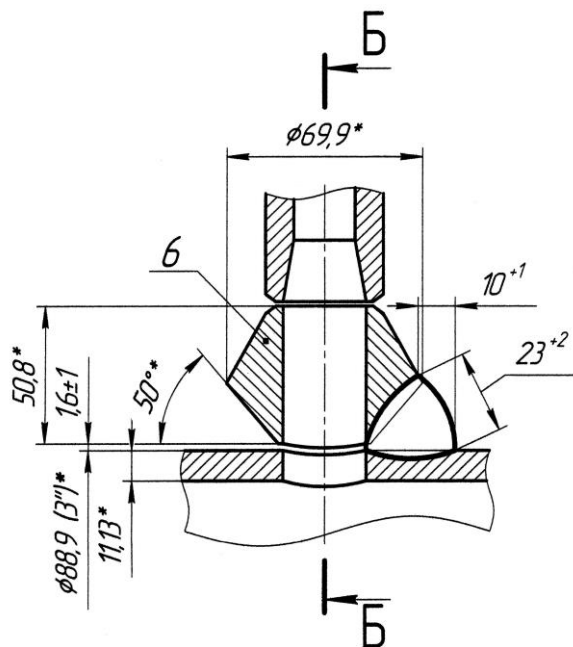


Рисунок 1.5 – Общий вид соединения трубы 1 и бобышки 6.

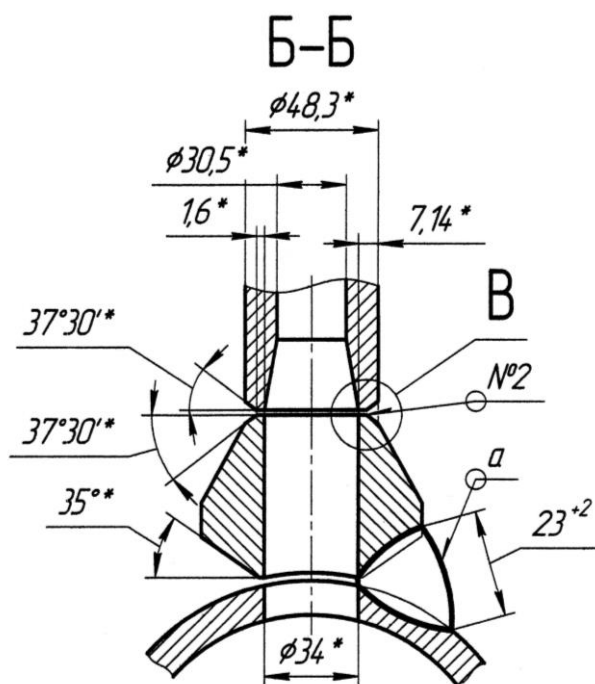


Рисунок 1.6 – Общий вид соединения трубы 1 и бобышки 6 (сечение Б-Б).

Шероховатость поверхности кромок, подготовленных для сварки, должна соответствовать нормам. Все местные уступы и неровности, имеющиеся на кромках препятствующие их соединению устраняют до сборки с помощью абразивного круга или напильника, не допуская острых углов и резких переходов.

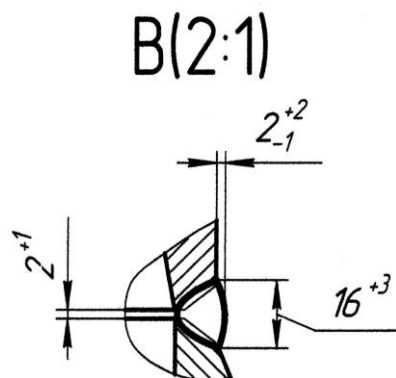


Рисунок 1.7 - Геометрические параметры подготовки кромок под сварку бобышки 6 и штуцера резьбового 8 и параметры сварного соединения.

После обработки кромок проверяют соответствие формы, размеров и качества подготовки кромок предъявляемым требованиям (обработку фасок под сварку и размеры кромок проверяют специальными шаблонами).

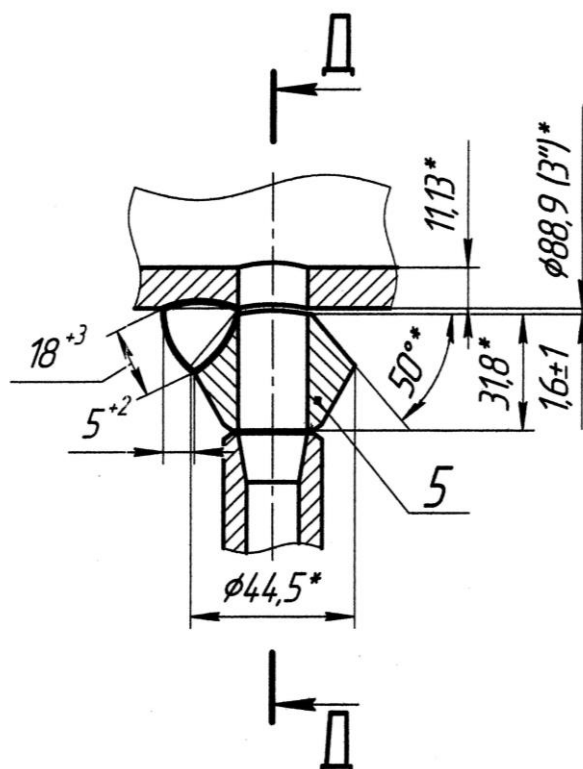


Рисунок 1.8 – Общий вид соединения трубы 1 и бобышки 5

Для сварки применяют сварочную проволоку Thermanit 25222 NL, таблица 1.4.

Ток применяют постоянный, прямой полярности. Защитный газ: (EN 439) M12, M13, Ar + 2, 5 % CO₂, M21 Ar + 25 % CO₂.

Таблица 1.4 - Химический состав проволоки Thermanit 25222 NL.

Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Азот	Молибден	Сера	Фосфор
							Не более	
0,03	1,0	3,5-6,5	24-27	21-24	0,1-0,2	1,5-3,0	0,02	0,03

Сварочная проволока Thermanit 25222 NL используется для сварки и наплавки жаростойких хромистых сталей, в т.ч. литых, и жаростойких аустенитных сталей, в т.ч. литых.

Перед выполнением прихваток и корневого слоя шва при температуре окружающего воздуха ниже минус 5°С выполняют предварительный подогрев свариваемых кромок.

Если необходимости в проведении предварительного подогрева нет, выполняется просушка свариваемых кромок и прилегающих к ним участков нагревом до температуры 20 - 50°С либо при наличии влаги (льда, снега) на кромках.

Для просушки или предварительного подогрева применяют газовый нагрев. При нагреве необходимо обеспечить равномерность температурного поля на свариваемых торцах и прилегающих к ним участках поверхностей шириной 10-15 мм по периметру.

Замер температуры производят контактным термометром не менее, чем в трех точках по периметру стыка, на расстоянии 10-15 мм от свариваемых кромок.

После подогрева и просушки выполняют прихватки стыка. Прихватки равномерно распределяют по периметру стыка, длина прихватки 10-20 мм, всего 2 прихватки. Прихватки выполняют не ближе 100 мм от продольных швов труб. Оборудование для наложения прихваток и последующего заполнения разделки - инвертор СВАРОГ ТЕСН TIG 315.

По окончании операции наложения прихваток выполняют контроль геометрии, и, если результаты контроля положительные, выполняют корневой слой.

Сразу после выполнения корневого слоя необходимо выполнить его зачистку абразивным кругом. После зачистки рабочий выполняет заполнение разделки. Наложение слоев производится на обратной полярности, «+» на электроде. Зажигание дуги производится на ранее выполненном валике или на разделке кромок.

После выполнения облицовочного слоя выполняется его визуальный контроль. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений. Если результаты контроля показывают величину превышения гребня над впадиной свыше 1 мм данные участки

следует механически обработать абразивным кругом или напильником.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4—7-кратного увеличения для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта — с помощью мерительных инструментов.

Корневая часть шва должна подвергаться визуальному контролю до заполнения остальной части шва. Этот контроль проводится сварщиком после зачистки поверхности корня шва. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если не обнаружены трещины, незаваренные прожоги и кратеры, скопления, поверхностные поры (включения), превышающие нормы, и другие дефекты, свидетельствующие о нарушении режима сварки или о недоброкачественности сварочных материалов. При обнаружении недопустимых дефектов вопрос о продолжении сварки или способе исправления дефектов должен решать руководитель сварочных работ.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими

методами. Для нашего трубопровода контролируют 100% сварных швов после их очистки от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений на ширине не менее 20 мм по обе стороны от шва.

Для швов 1-3 применяется еще и ультразвуковой контроль или рентгеновский контроль 100%.

1.4 Анализ возможных способов сварки

Анализ применяемого процесса показывает, что для достаточно больших толщин стенки, при которых необходимо выполнять несколько проходов, сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка недостаточна, для того, чтобы непрерывно заполнить разделку. Приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дуге. При этом, учитывая все нюансы сварки нержавеющей стали, кратер приходится зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Для выбора способа сварки на первом этапе воспользуемся такими критериями как:

1. Химические свойства наплавляемого материала;
2. Толщины наносимого наплавкой слоя;
3. Пространственные и геометрические параметры сварных соединений;
4. Выбор экономически целесообразных вариантов замены ручного труда сварщика.

Поскольку при дуговой сварке предусматривается нагрев детали и присадочного материала до температуры расплавления, химические свойства интересуют, в первую очередь, в плане предотвращения взаимодействия расплавленного материала с окружающей средой. В состав некоторых материалов входят вещества, обладающие высоким сродством к кислороду.

В процессе нагрева соединяемого материала такие вещества будут окисляться. В некоторых случаях опасность представляет азот. Возможно его растворение в расплавленном металле сварочной ванны и негативное действие на характеристики получаемого сварного соединения.

Протяженность сварного шва и его пространственную конфигурацию также необходимо принимать во внимание при анализе подходящих способов сварки. В некоторых случаях ограничение по сварке накладывается даже не на сам способ сварки, а на применяемые режимы сварки. Так при ручной дуговой сварке штучными электродами применяемые электроды классифицируются для сварки во всех пространственных положениях, для всех положений кроме вертикального на спуск, нижнего. Дело в том, что одна из функций обмазки штучных электродов – обеспечить необходимую величину поверхностного натяжения сварочной ванны. Если компоненты, обеспечивающие данную функцию отсутствуют, расплавленный металл характеризуется высокой жидкотекучестью и сварка, например, в потолочном положении становится невозможной даже для сварщиков высокой квалификации.

Некоторые способы сварки по определению не могут применяться для разных пространственных положений. Так автоматическая сварка под слоем флюса пригодна для получения швов в нижнем положении. Кроме того, большинство способов автоматической сварки предпочтительны для прямолинейных и протяженных швов. Дело в том, что маневренность установок автоматической сварки ограничена. Как правило, требуется много времени для переналадки таких установок на новый шов. Поэтому для коротких швов сложной пространственной конфигурации предпочтительнее варианты, где сварщик вручную манипулирует горелкой или электрододержателем.

По выбору экономически целесообразного варианта замены ручного труда сварщика необходимо, в первую очередь, учитывать вид производства. Для условий массового и крупносерийного производства однотипной

продукции рационально применять автоматические способы сварки. Реализуются они в заводских условиях в составе автоматических линий.

В условиях монтажа, а также при ремонтной сварке, где однотипные дефекты редкость предпочтительнее механизированные и ручные способы сварки. Также механизированные и ручные способы оправданы в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Далее, с учетом изложенной выше информации, рассмотрим возможные для нашего изделия способы сварки. Ранее были указаны недостатки способа ручной дуговой сварки неплавящимся электродом причиной которых является ограниченная длина присадки.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получают разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют.

Выявленные недостатки показывают, что сварки втулки и фланцев неплавящимся электродом нуждается в модернизации. Наиболее радикальным вариантом модернизации является замена способа сварки. Промышленное применение нашли множество способов сварки. Однако, в первую очередь, замена должна обеспечивать экономический эффект. Поэтому логично замену способу сварки выполнить в два этапа. На данном этапе производится анализ достоинств и недостатков всех способов, которые возможны для сварки швов трубопровода и обеспечивающих устранение выявленных недостатков. На следующем этапе следует выполнить

экономическую оценку замены согласно принятым методикам расчета экономической эффективности.

Наиболее радикальным методом замены является применение сварки трением и контактной сварки. Поскольку свариваемые детали можно отнести к телам вращения, технологический процесс сварки трением возможен для соединения некоторых деталей трубопровода. Сварка трением – высокопроизводительный процесс, обеспечивающий высокое качество сварного соединения. Возражения вызывает только вот какой аспект технологии сварки трением. В процессе получения сварного соединения сваркой трением часть металла выдавливается в грат, рисунок 1.8. На фотографии представлено соединение в процессе охлаждения. Обращает на себя солидный размер грата. Для трубопровода грат внутри втулки будет оказывать сопротивление потоку жидкости или газа. Таким образом, при переходе на технологию сварки трением придется вводить дополнительную операцию – механической обработки сварного соединения.



Рисунок 1.8 – Общий вид соединения получаемого сваркой трением

Поэтому оставляем дуговую сварку. Но сварка дугой может выполняться многими способами. Некоторые из них непригодны для данного изделия. Так автоматическая сварка под слоем флюса не может быть применена из-за малого диаметра соединяемых деталей. Флюс будет осыпаться.

Далее, с учетом изложенной выше информации, рассмотрим возможные для нашего изделия способы сварки. Недостатки способа ручной дуговой сварки штучными электродами, который может быть применен, также как и в применяемом способе, является ограниченная длина присадки.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют.

К достоинствам сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа следует отнести широкий спектр соединяемых материалов. Практически все цветные металлы успешно соединяются данным способом. В некоторых случаях, при сварке титана, например, требуется дополнительная защита инертным газом и зон, подвергшихся нагреву до высоких температур.

Недостатки способа – при сварке активных металлов требуется в качестве защитного применять дорогостоящий аргон. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутком и сварочной горелкой. Однако в настоящее время известны различные варианты механизации данного способа. Например, на рисунке 1.9

показана горелка, где дуга горит между свариваемым материалом и вольфрамовым стержнем, а присадка подается в зону сварки автоматически.

Но сварка нержавеющей сталей возможна и при использовании плавящегося электрода, традиционными способами механизированной сваркой.



Рисунок 1.9 – Горелка EWM Torch MIG 401 W 4M
для механизированной сварки неплавящимся электродом

Конечно, при сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимостью применения осцилляторов для возбуждения дуги.

Однако у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того,

при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплавляемый металл без потерь.

В целом, можно сделать вывод, что замена базового способа нецелесообразна, но применение механизированной подачи при незначительном усложнении оборудования, позволит увеличить производительность, при сохранении высокого качества сварных соединений.

1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – снижение затрат и повышение производительности при сварке трубопроводов. Результатом анализа установлено, что применяемый вариант сварки неплавящимся электродом обладает низкой производительностью. Кроме того, применяемый материал трубопровода, применяемая присадочная проволока характеризуются высокой стоимостью. Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор материала трубопровода с меньшей стоимостью;
2. Выбор присадочного материала и режимов сварки;
3. Разработка типового технологического процесса сварки трубопровода;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

2 Проектный технологический процесс сварки трубопровода

2.1 Выбор отечественных аналогов вспомогательного материала

Результатом анализа применяемого на предприятии технологического процесса сварки трубопровода стали выводы, что применение импортного основного и присадочного материала, соответственно сталь 310 MoLN и присадочная проволока Thermanit 25222 NL характеризуется высокими расходами.

В рамках выполнения задачи 1 выпускной квалификационной работы выполняю анализ отечественных аналогов стали 310 MoLN. Содержание химических элементов приведено в таблице 1.1. Введение в данную сталь в качестве одного из легирующих компонентов молибдена позволяет увеличить стойкость к питтинговой и щелевой коррозии. Для поиска заменителей проанализируем ГОСТ 5632-72. Данный документ в зависимости от основных свойств нержавеющей стали и сплавы подразделяет на 3 группы:

I - коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы;

II - жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы;

III - жаропрочные стали и сплавы.

В зависимости от структуры нержавеющей стали и сплавы классифицирует следующим образом:

мартенситные;

ферритные;

аустенито-мартенситные;

аустенито-ферритные;

аустенитные.

По химическому наиболее близкими к требующей замены стали относятся марки: 03X22H6M2, 03X21H21M4ГБ, 20X25H20C2, 36X18H25C2, 10X23H18, 20X23H18, 12X25H16Г7AP, 08X21H6M2T, 02X25H22AM2.

Для удобства сравнения содержание химических элементов в перечисленных аналогах отразим в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Содержание элементов в сталях - заменителях 310 MoLN

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Mo	S	P
								Не более	
310 MoLN	0,02	0,7	2,0	24-26	21-23	-	2,0-2,5	0,01	0,025
36X18H25C2	0,32-0,4	2,0-3,0	1,5	17-19	23-26	-		0,02	0,035
10X23H18	0,1	1,0	2,0	22-25	17-20	-		0,02	0,035
20X23H18	0,2	1,0	2,0	22-25	17-20	-		0,02	0,035
12X25H16Г7AP	0,12	1,0	5,0-7,0	23-26	15-18	-		0,02	0,035
08X21H6M2T	0,08	0,8	0,8	20-22	5,5-6,5	0,2-0,4	1,8-2,5	0,025	0,035
03X22H6M2	0,03	0,4	1,0-2,0	21-23	5,5-6,5		1,8-2,5	0,02	0,035
02X25H22AM2	0,02	0,4	1,5-2,0	24-26	21-23	-	2,0-2,5	0,015	0,02
03X21H21M4ГБ	0,03	0,6	1,8-2,5	20-22	20-22	-	3,4-3,7	0,02	0,03
20X25H20C2	0,2	2,0-3,2	1,5	24-27	18-21	-		0,02	0,35

По результатам анализа останавливаем выбор на материале 02X25H22AM2. Сталь аустенитного класса обладает стойкостью против межкристаллитной, питтинговой и щелевой коррозии.

Производитель стали 02X25H22AM2 для получения сварных соединений данного материала предлагает сварочную проволоку Св-01X23H23M3ТЗ. Диаметр сварочной проволоки принимаем 1,2 мм

2.2 Технологический процесс сварки трубопровода

Последовательность и содержание операций входного контроля остаются без изменений.

Операция сборки трубы, позиция 1, см. рис. 1.1, и отвода позиция 4 выполняется с применением центратора D 250 SS. Последовательность выполнения операций сборки в данном случае такова. Сначала выполняют подсборку центратора - на цепи крепят две струбцины с упорными винтами. Собранный центратор фиксируют на трубе, позиция 1, см. рис. 1.1. Фиксируют рычаг блока натяжения винтами на струбцинах. После контроля зазоров между корпусом центратора и трубой надевают отвод фиксируют его вторыми винтами на струбцинах. и еще раз выполняют соответствие собранного соединения требованиям по величине зазора и несоосности.

Операция наложения прихваток не изменяется, в сравнении с базовым технологическим процессом. Выполняется методом TIG на постоянном токе прямой полярности. Используется для защиты сварочной ванны аргон в смеси с углекислым газом. Так же как и в базовом технологическом процессе для заданного диаметра трубы, 90 мм, потребуется наложить диаметрально-противоположно две прихватки. Режимы сварки прихваток. Сила сварочного тока 170-190 А, напряжение на дуге 20-25 В, $V_{св} = 10-15$ м/час, $Q_{зг} = 10-12$ л/мин. Длина прихватки 20-30 мм.

После наложения прихваток демонтируют центратор расфиксировав прижимы. Контролируют качество наложенных прихваток на наличие трещин. В данном случае трещины являются недопустимым дефектом и подлежат удалению. Как было указано ранее корневой шов и разделку выполняют механизированным способом MIG. Режимы сварки в данном случае: сила сварочного тока 190-210 А, напряжение на дуге 18-23 В. Скорость сварки 10-15 м/час, расход защитного газа 10-12 л/мин. Скорость подачи сварочной проволоки, 80 м /ч.

Дугу зажигать при вылете проволоки 12-15 мм. Срез проволоки в момент зажигания дуги должен находиться в контакте с трубой или немного поднят над ее поверхностью. После старта процесса сварки вылет следует увеличить до 20 мм. При выполнении шва в потолочном положении вылет довести до 25-30 мм. При этом следует помнить, что при пониженных значениях вылета возможно появление такого дефекта сварного шва как пористость. При повышенных от рекомендуемого значениях вылета нарушается стабильность горения сварочной дуги.

После окончания и охлаждения корневого прохода выполняется его визуальный контроль. Недопустимые дефекты - трещины, незаваренные прожоги и кратеры, пористость.

Затем выполняется заполнение разделки. Дугу зажигать в разделке кромок или на поверхности ранее выполненного участка шва. Сила сварочного тока 230-250 А, напряжение на дуге 20-25 В, скорость сварки 10-15 м/час, расход защитного газа 10-12 л/мин, скорость подачи сварочной проволоки, 110 м / ч.

Параметры режима сварки облицовочного слоя следующие: сила сварочного тока 210-230 А, напряжение на дуге 20-25 В, скорость сварки 10-15 м/час, расход защитного газа 10-12 л/мин, скорость подачи сварочной проволоки, 90 м / ч.

По окончании сварки стыка производится контроль. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4—7-кратного увеличения для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле

сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в ПТД нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта — с помощью мерительных инструментов.

Участки облицовочного слоя шва с грубой чешуйчатостью поверхности (превышение гребня над впадиной 1 мм и более) и с превышением размеров усиления обработать шлифовальным кругом или напильником.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами. Для нашего трубопровода контролируют 100% сварных швов после их очистки от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений на ширине не менее 20 мм по обе стороны от шва.

Сварные швы 1-3 подлежат контролю методами ультразвуковой или рентгеновской дефектоскопии. Выполняется контроль 100% сварного соединения.

2.3 Оборудование

Для сварки трубопровода согласно разработанной технологии понадобится новое оборудование.

Характеристики режимов сварки позволяют остановить выбор на аппарате СВАРОГ MIG 350 (J1601). Это инверторный аппарат, в котором, как и в других инверторных аппаратах для сварки поступающий из сети ток с частотой 50 Гц преобразуется в высокочастотный (20-100 кГц) переменный.

Преобразование частоты промышленной сети 50 Гц в высокую позволяет уменьшить вес и габариты понижающих трансформаторов. Обеспечить сварочный ток 160А может высокочастотный трансформатор весом около 250 г. При работе с частотой 50 Гц для такой силы сварочного тока нужен трансформатор весом 18 кг.

Другим преимуществом инверторных сварочных аппаратов является высокий КПД, свыше 90%.

Конечно, инверторные аппараты дороже, конструктивно и в обслуживании сложнее.

Еще понадобится приспособление для сборки. В базовой технологии сравнительно небольшой по габаритам блок под сварку собирается на столе сварщика. Предлагается применить сварочное приспособление облегчающее сборку под сварку отвода и трубы. Хорошими характеристиками обладают центраторы Double Jackscrew Chain Clamp. Модель D 250 SS обеспечивает сборку труб диаметром совпадающим со свариваемым трубопроводом. Центратор данной модели обеспечивает сборку труб диаметром от 25 до 203 мм. Вес центратора 12,2 кг. Принцип сборки отвода с трубой с применением центратора D 250 SS понятен из рисунка 2.1.



Рисунок 2.1 – Центратор D 250 SS

Конструктивно струбцины выглядят следующим образом, рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Общий вид струбцины

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология сварки трубопроводов из карбамидных сталей на ПАО «КуйбышевАзот». В процессе производства карбамида в Тольятти используется оборудование, выполненное из специальных сталей. Некоторые трубопроводы выполнены из импортной стали 310 MOLN (ASTM A312). Для сварки таких сталей применяют сварочную проволоку и электроды Thermanit. Это все дорогостоящие присадочные материалы.

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сварке стыков трубопровода и экономию дорогостоящих материалов.

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, рисунок 3.1. Понадобится сварочный аппарат СВАРОГ MIG 350, на схеме обозначен 5.

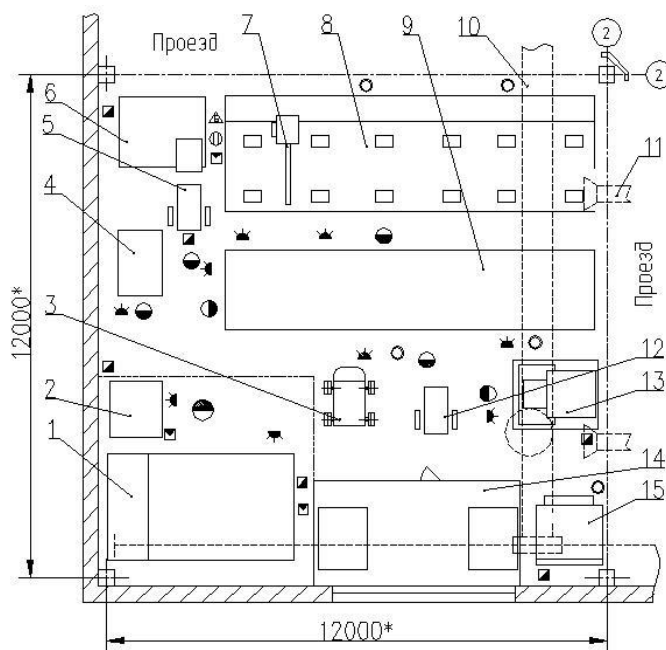


Рисунок 3.1 – Схема планировки производственного участка

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка кольцевых швов	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2		Сборка	Слесарь-сборщик,	Центратор наружный	
3		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, СВАРОГ MIG 350.	Проволока сврочная Св-02Х25Н22А М2, аргон, круг абразивный
4		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке трубопровода технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубы.
2	Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Центратор наружный
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, СВАРОГ MIG 350, присадочная проволока Св-02Х25Н22АМ2, аргон, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубопровод

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно

классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок сварки	Сварочный аппарат, СВАРОГ MIG 350.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические средства

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
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. Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Сборка		Загрязнение гидравлической жидкостью при утечке из центратора.	
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль гидравлической системы центратора на наличие утечек
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сборки и сварки трубопровода. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Выполненный анализ показывает что для нейтрализации опасных и вредных факторов есть в наличии все необходимые средства.

Также проанализированы угрозы для окружающей среды и разработаны рекомендации по их минимизации.

4 Определение экономической эффективности работы

Согласно применяемому на ПАО «КуйбышевАзот» технологическому процессу сварки трубопроводов используют дуговую сварку в аргоне неплавящимся электродом трубопроводов из стали 310 MoLN. Для данной присадочной проволоки следует в качестве присадки использовать проволоку Thermanit 25222 NL. Предлагается замена основного материала на сталь 02X25H22M2, механизированную сварку с присадочной проволокой Св-01X23H23M3ТЗ.

Анализ двух вариантов сварки трубопроводов приведен в таблице 4.1. Здесь указаны недостатки базового варианта, и как они будут устранены в проектном.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Высокая цена импортной стали 310 MoLN.	Предложено для трубопроводов применить аналог - отечественную сталь 02X25H22M2. Ее эксплуатационные характеристики находятся на уровне зарубежной стали, но цена меньше.
Высокая цена импортной присадочной проволоки.	Для сварки трубопровода из отечественной стали возможно применение присадочной проволоки Св-01X23H23M3ТЗ, цена которой меньше.
Сварка неплавящимся электродом, при которой вручную выполняются манипуляции горелкой и присадочной проволокой предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке трубопровода полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – 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	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	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	$Цпл$	$Р/м^2$	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.	45000	82000
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 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

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

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

где $t_{n-з}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_в$ – 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: $t_в = 10\%$ от t_0 ;

$t_{отл}$ – 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: $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – 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: $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от t_0 .

Расчетное определение машинного времени на сварку одного стыка трубопровода определим по зависимости:

$$t_o = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (4.2)$$

где: $M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{ш}$ – длина швов в изделии, м;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А*час.

При сварке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_{н} \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (для нашей стали $\rho = 7,8$ г/см³);

$F_{н}$ – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

Для многопроходных швов.

$$F_{н} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 = 129 \text{ мм}^2.$$

$$F_{н} = (8 \div 12) \cdot d_{эл.} \quad (4.4)$$

$$F_{нб} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$F_{нпр} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем исходя из диаметра соединяемых трубопроводов, длина составит 787 мм.

Базовый вариант, машинное время:

$$t_{об} = \frac{60 * 1,006 * 0,787}{120 * 9} = 0,044 \text{ час} = 2,64 \text{ мин.}$$

$$t_{опр} = \frac{60 * 1,009 * 0,787}{250 * 9} = 0,021 \text{ час} = 1,26 \text{ мин.}$$

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

$$t_{штб} = 2,64 + 0,264 + 0,132 + 0,21 + 0,026 = 3,27 \text{ мин.} = 0,054 \text{ час.}$$

$$t_{штпр} = 1,26 + 0,126 + 0,063 + 0,01 + 0,0126 = 1,47 \text{ мин.} = 0,024 \text{ час.}$$

4.3 Капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{ОБЩ} = K_{ПР} + K_{СОП} \quad (5.5)$$

где $K_{ПР}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{СОП}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Значение $K_{ПР}$, прямых финансовых затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{ПР} = \sum Ц_{об} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum Ц_{об}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60} \quad (5.7)$$

где: $N_{пр}$ – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку одного стыка окрайки (штучное), мин.;

$\Phi_{эф}$ – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.8)$$

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:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.9)$$

где: D_k – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$D_{пр}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{1000 * 3,27}{1812 * 60} = 0,03 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{1000 * 1,47}{1812 * 60} = 0,012 \text{ шт}$$

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.

$$k_{зб} = \frac{0,03}{1} = 0,03$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{прб} = 45000 * 0,03 = 1350 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 82000 * 0,012 = 984 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (4.10)$$

$K_{монт}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{площ}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} * k_{монт} \quad (4.11)$$

где: $k_{монт}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

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

$$K_{монт} = 82000 * 0,2 = 16400 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 45000 * 0,2 = 9000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (4.13)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 * 3000 * 3 * 0,012 = 342 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 984 + 16400 + 9000 + 324 = 26708 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{УД}}^{\text{БАЗ}} = 1350/1000 = 1,35 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{УД}}^{\text{ПР}} = 26708/1000 = 26,70 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки.

Расходы на материалы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$3M = 3M_{\text{ОСН}} + 3M_{\text{ВСП}} \quad (4.15)$$

Поскольку выполнена замена материала, из которого изготовлен трубопровод, расходы на основные материалы определим с использованием формулы:

$$ЗМ_{ОСН} = Н_{М} * Ц_{М} * k_{ТЗ} - ЗМ_{ОТХ} * Ц_{ОТХ}$$

$H_{Отх}$ и $C_{Отх}$ рассчитывают в том случае, если есть отходы.

$H_{М}$ – норма расхода основного материала на одно изделие, кг;

$C_{М}$ – рыночная стоимость одного килограмма материала, из которого выполнен трубопровод, руб.;

$k_{м.з}$ – принятое значение коэффициента, определяющего формирование транспортно-заготовительных расходов;

$H_{Отх}$ – норма отходов основного материала, кг;

$C_{Отх}$ – цена одного кг отходов основного материала, руб.

$$ЗМ_{ОСНБ} = 21 * 550 * 1,05 = 12127,5 \text{ руб}$$

$$ЗМ_{ОСНПР} = 21 * 470 * 1,05 = 10363,5 \text{ руб}$$

При сварке стыков трубопроводов используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает применение штучных электродов. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки проволокой, для которой сварочными материалами будут присадочная проволока и защитный газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{ЭЛ} \tag{4.15}$$

$$ЗМ_{ЭЛ} = Н_{ЭЛ} \cdot Ц_{ЭЛ} \tag{4.16}$$

где $C_{ЭЛ}$ – цена присадочного материала, штучного электрода, руб/кг;

$H_{ЭЛ}$ норма расхода присадочного материала, кг.

Норма расхода электрода

$$H_{ЭЛ} = У \cdot L_{Ш} \tag{4.17}$$

где – Y - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;
 $L_{ш}$ – длина сварного шва, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.18)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;
 $M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{ш} \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см³;

$F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{ш} = 129 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 129 / 1000 = 1,006 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 1,006 = 1,71 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{рЭЛ}} = 1,71 \cdot 0,787 = 1,345 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{ЭЛБ}} = 720 \cdot 1,345 = 968,4 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{\text{б}} = 12127,5 + 968,4 = 13095,9 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта

$$ЗМ_{\text{свпр}} = ЗМ_{\text{свпр}} \quad (4.20)$$

Затраты на присадочную проволоку

$$ЗМ_{\text{свпр}} = C_{\text{пр}} \cdot H_{\text{пр}}; \quad (4.21)$$

где $C_{\text{пр}}$ – цена присадочной проволоки, руб/кг;

$H_{\text{пр}}$ = норма расхода присадочной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$H_{\text{пр}} = Y \cdot L \quad (4.22)$$

где – Y - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

L – длина сварного шва, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{ш} \cdot 10^{-3}, \quad (4.24)$$

Где ρ – плотность наплавленного металла, 7,8 г/см³;

F_H – площадь поперечного сечения шва, $F_H = 10d_{пр} = 12 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 7,8 * 129 / 1000 = 1,006 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,05 * 1,006 = 1,056 \text{ кг/м.}$$

$$H_{р_{пр}} = 1,056 * 0,787 = 0,831 \text{ кг}$$

$$Z_{пр} = 610 * 0,831 = 506,90 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ (проектный вариант)

$$Z_{з.г.} = C_{з.г.} \cdot H_{з.г.} \quad (4.25)$$

где $C_{з.г.}$ – цена защитного газа, руб/литр;

$H_{р_{з.г.}}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке:

$$H_{з.г.} = Y_{з.г.} \cdot L + Y_{доп.} \quad (4.26)$$

где $Y_{з.г.}$ – удельная норма расхода защитного газа на 1 метр шва, по стандартам предприятия, л.

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_o \quad (4.27)$$

где $q_{зг} = 10 \text{ л/мин}$;

t_o основное машинное время сварки.

$$Y_{з.г.} = 10 * 1,47 = 14,7 \text{ л.}$$

$Y_{доп.}$ – дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательной операции (продувка магистрали и т.д.), м^3 .

$$Y_{доп.} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (4.28)$$

где $t_{всп}$ – вспомогательное время, необходимое для продувки шлангов, мин;

$q_{зг}$ – удельная норма расхода защитного газа за единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин}$.

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

$$Y_{доп.} = 10 * 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$H_{р_{з.г.б}} = Y_{з.г.} * L + Y_{доп.} = 14,7 * 0,787 + 0,5 = 12,06 \text{ л.}$$

$$Z_{з.г.} = 0,012 * 50 = 0,6 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$Z_{M_{пр}} = 10363,5 + 506,9 + 0,6 = 10871,0 \text{ руб.}$$

Финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} C_{\text{э-э}} \quad (4.29)$$

где $P_{\text{об}}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

$C_{\text{э-э}}$ – 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

Полезную мощность оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение.

$$P_{\text{обб}} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{б}} = \frac{3,6 \cdot 0,044}{0,7} 2,2 = 0,49 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{обпр}} = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{9 \cdot 0,021}{0,75} 2,2 = 0,55 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (4.30)$$

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери на амортизацию оборудования, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

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

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} * N_{\text{об}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60 * 100} \quad (4.31)$$

где Ц_{об} – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, руб;

На_{об} – норма амортизации оборудования, %;

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

$$A_{об}^Б = \frac{45000 \cdot 3,27 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$
$$A_{об}^{ПР} = \frac{82000 \cdot 1,47 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,19 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (4.32)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{тр}^Б = \frac{45000 * 35 * 0,03}{1812 * 100} = 0,26 \text{ руб.}$$
$$P_{тр}^{ПР} = \frac{82000 * 35 * 0,012}{1812 * 100} = 0,19 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{об}^Б = 0,26 + 0,24 = 0,50 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{ПР} = 0,19 + 0,19 = 0,38 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} * S_{плоч} * На_{плоч} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (4.33)$$

где: $Ц_{плоч}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$На_{плоч}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$z_{\text{б площ}} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3,27}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{пр площ}} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,47}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

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

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

Объем основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

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

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{нф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{нф}} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

После подстановки в формулу (4.36) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,054 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 7,31 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,024 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 2,30 \text{ руб.}$$

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

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.37)$$

где k_{∂} – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы, 10%.

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{доп}^B = 7,31 \cdot 10 / 100 = 0,73 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 2,30 \cdot 10 / 100 = 0,23 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПб = 7,31 + 0,73 = 8,04 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 2,30 + 0,23 = 2,53 \text{ руб.}$$

Объём O_{CH} отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{CH} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где $N_{соц}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{CH} = 8,04 \cdot 30 / 100 = 2,41 \text{ руб}$$

$$O_{CH} = 2,53 \cdot 30 / 100 = 0,76 \text{ руб}$$

Технологическая себестоимость

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

$$C_{тех} = ЗМ + З_{\text{э-э}} + З_{об} + З_{пл} + \PhiЗП + O_{CH} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{тех} = 13095,9 + 0,49 + 0,50 + 0,01 + 8,04 + 2,41 = 12906,24 \text{ руб}$$

$$C_{тех} = 10871,0 + 0,55 + 0,38 + 0,01 + 2,53 + 0,76 = 10875,03 \text{ руб}$$

4.5 Цеховая себестоимость

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.40)$$

где $P_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{цех}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

После подстановки в формулу (4.41) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^B = 12906,24 + 7,31 \cdot 2,5 = 12906,24 + 18,27 = 12924,51 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{ПП} = 10875,03 + 2,30 \cdot 2,5 = 10875,03 + 5,75 = 10880,78 \text{ руб.}$$

4.6 Заводская себестоимость

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.42)$$

где $P_{\text{зав}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{зав}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,8.

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЗАВ}}^B = 12924,51 + 7,31 \cdot 1,8 = 12924,51 + 13,15 = 12937,66 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{ПП} = 10880,78 + 2,3 \cdot 1,8 = 10880,78 + 4,14 = 10884,92 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки стыка трубопровода

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Затраты на материалы	М	12095,9	10871,0
2	Объем фонда заработной платы	ФЗП	8,04	2,53
3	Отчисления на соц. нужды	Осн	2,41	0,76
4	Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	0,28	0,18
5	Затраты на площади	Зпл	0,01	0,01
	Себестоимость технологическая	Стех	12906,24	10880,78
6	Цеховые расходы		18,27	5,75
	Себестоимость цеховая	Сцех	12924,51	10880,78
7	Заводские расходы		13,15	4,14
	Себестоимость заводская	Сзав	12937,66	10884,92

4.7 Определение экономической эффективности

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия)

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{np}) \cdot N_{np} \quad (4.43)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = (12937,66 - 10884,92) \cdot 1000 = 2136580$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^б + E_H \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{pp} + E_H \cdot K_{уд}^{pp})] \cdot N_{pp} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(12937,66 + 0,33 \cdot 1,35) - (10884,92 + 0,33 \cdot 26,70)] \cdot 1000 = 2064867 \text{ руб}$$

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,054 - 0,024}{0,054} \cdot 100\% = 55\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производственные условия ПАО «Куйбышеватот» предлагаемых решений определим расчетным путем с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.46)$$

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 55}{100 - 55} = 122\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{вГ}}} \quad (4.47)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{26708}{2136580} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{сп}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (4.48)$$

4.8 Выводы по разделу

Анализ применяемой технологии сварки выявил основной ее недостаток – применение импортных материалов и низкую степень механизации и автоматизации. Использование присадочных прутков снижает производительность процесса, так как требуется время на замену отработанного прутка и рестарт процесса сварки трубопровода. Проведенный анализ возможных вариантов сварки позволил рекомендовать механизированную сварку.

Внедрение способа с большей производительностью позволило уменьшить на 55% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 122%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 26708 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 2064867 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости замены существующей технологии сварки на предприятии ПАО «Куйбышевазот».

Заключение

Анализ применяемого на предприятии технологического процесса сварки трубопровода линии получения карбамида показал, что он характеризуется высокой долей ручного труда. Другим недостатком является применение в качестве материала для изготовления трубопровода стали зарубежного производства марки 310 MoLN. Данная сталь относится к сталям карбамидного класса за счет повышенного содержания в ней молибдена.

Также при сварке трубопровода из данной стали используется импортная присадочная проволока Thermanit 25222 NL.

Анализ показал, что для замены стали зарубежного производства отечественная промышленность выпускает подходящие по свойствам и химическому составу заменители. Наилучшими свойствами, как заменитель, обладает сталь 02X25H22M2.

Также выполненный анализ показал, что возможна замена на отечественный присадочный материал и применяемой в базовом технологическом варианте присадочной проволоки. Для увеличения производительности при сварке трубопровода предложено применить механизированную сварку. При этом повышается производительность выполнения стыка. Таким образом, помимо снижения затрат на материалы для трубопровода обеспечивается производительность при получении сварных соединений.

Выполненные расчеты экономической эффективности показали, что разработанные технические решения обеспечивают получение годового экономического эффекта в размере 2064867 руб.

Также проведен анализ предложенных технических решений на предмет их безопасности для производственного персонала.

Можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

Список используемых источников

1. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
2. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Пащенко, В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
4. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
6. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
7. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
8. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
9. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
10. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.

11. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
12. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
13. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
14. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
15. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
16. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
17. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
18. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
19. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
20. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
21. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

22. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.
23. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.
24. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
25. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
26. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
27. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.
28. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
29. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
30. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.

31. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
32. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.

