

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки теплообменного аппарата конверсии
природного газа»

Студент

Р.Ф. Рафиков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.В. Скрипачев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« » 20 г.

АННОТАЦИЯ

Увеличение доли строительства ответственных объектов, особенно крупногабаритных изделий, заставляет принимать мероприятия по повышению качества и производительности сварки, обеспечению экономии средств. Достижение указанных эффектов возможно при условии обеспечения механизации при производстве сварных конструкций, применения новых сварочных материалов, введения механизированных способов сварки вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Поставленная цель – повышение производительности и качества сварки теплообменных аппаратов из стали 10X17H13M2T.

В работе решались задачи: 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки; 3) предложить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 0,45 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,28 года. Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 33,3 %, увеличение производительности труда на 49,9 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 17 %.

Пояснительная записка состоит из 61 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ	
1.1 Описание объекта исследования	7
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	10
1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии	14
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ	
2.1 Обоснование выбора способа сварки	22
2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах	27
2.3 Расходные материалы для сварки	28
2.4 Сварочное оборудование	31
2.5 Описание сварочных операций проектного процесса сварки	34
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Составление технологической характеристики объекта	35
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	38
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	39
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	40
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	41
3.6 Заключение по экологическому разделу	42
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	

ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	43
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	46
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	46
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	48
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	53
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	53
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	56
4.8 Выводы по экономическому разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

Процессы теплообмена широко распространены в химической технологии и многих областях техники. Нагревание, охлаждение, выпаривание, конденсация имеют общую закономерность: их интенсивность определяется законами теплопередачи.

В теплообменном аппарате происходит теплопередача от одной среды к другой среде, которые разделены стенкой. Процесс передачи тепла очень сложен и обусловлен рядом факторов, его разделяют на три элементарных вида теплообмена: теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением. На практике эти три вида теплообмена протекают одновременно и находятся в некотором сочетании друг с другом. Применительно к теплообменникам самое большое значение имеет теплоотдача (или конвективный теплообмен), она проходит в результате совокупного и одновременного действия теплопроводности и конвекции.

В качестве теплоносителей в промышленности получили наибольшее распространение водяной пар, продукты сгорания топлива и химических реакций. В качестве охлаждающих агентов наиболее часто применяется вода, воздух и водные растворы солей (NaCl , CaCl_2). В случае работы в контакте с агрессивными средами используются аустенитные хромоникелевые стали. Обеспечение качественной сварки монтажных соединений различных элементов теплообменника из аустенитных хромоникелевых сталей обладает крайне высокой важностью. Поэтому является актуальной задача разработки новых материалов для сварки конструкций из аустенитной хромоникелевой стали, обеспечения получения сварных соединений с требуемыми значениями прочностных, коррозионных и технологических свойств.

Проведённый анализ особенностей технологии сварки теплообменников и трубопроводов из аустенитных сталей показал, что несоответствие размеров швов требованиям нормативно-технической документации возникает по причине случайных отклонений параметров

процесса. Эти отклонения обусловлены неточностью сборки стыков под сварку, неточностью при базировании стыка относительно сварочной горелки, низкой стабильностью работы источника питания и т.д. Кроме того, отклонение размеров шва от нормативных значений может произойти по причине изменения пространственного положения сварки.

Увеличение доли строительства ответственных объектов, особенно крупногабаритных изделий, заставляет принимать мероприятия по повышению качества и производительности сварки, обеспечению экономии средств. Достижение указанных эффектов возможно при условии обеспечения механизации при производстве сварных конструкций, применения новых сварочных материалов, введения механизированных способов сварки вместо ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Таким образом, актуальна цель проекта – повышение производительности и качества сварки теплообменных аппаратов из стали 10X17H13M2T.

1 ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

1.1 Описание объекта исследования

Рассматриваемый теплообменный аппарат относится к теплообменникам типа "труба в трубе", это неразборный однопоточный аппарат, осуществляющий нагрев и охлаждение при конверсии технологического газа при первичном риформинге в процессе синтеза аммиака (рис. 1.1).

Теплообменник включает в себя ряд последовательно соединенных звеньев. При этом каждое звено состоит из двух соосных труб. Эти трубы соединены между собой при помощи "калачей" или колен.

Двухтрубный теплообменник имеет большую поверхность нагрева, состоит из ряда секций, которые соединены параллельно коллекторами. За счёт подбора диаметров внутренней трубы и наружной трубы для обеих рабочих сред обеспечивается необходимая скорость перемещения и достигается высокая интенсивность теплообмена.

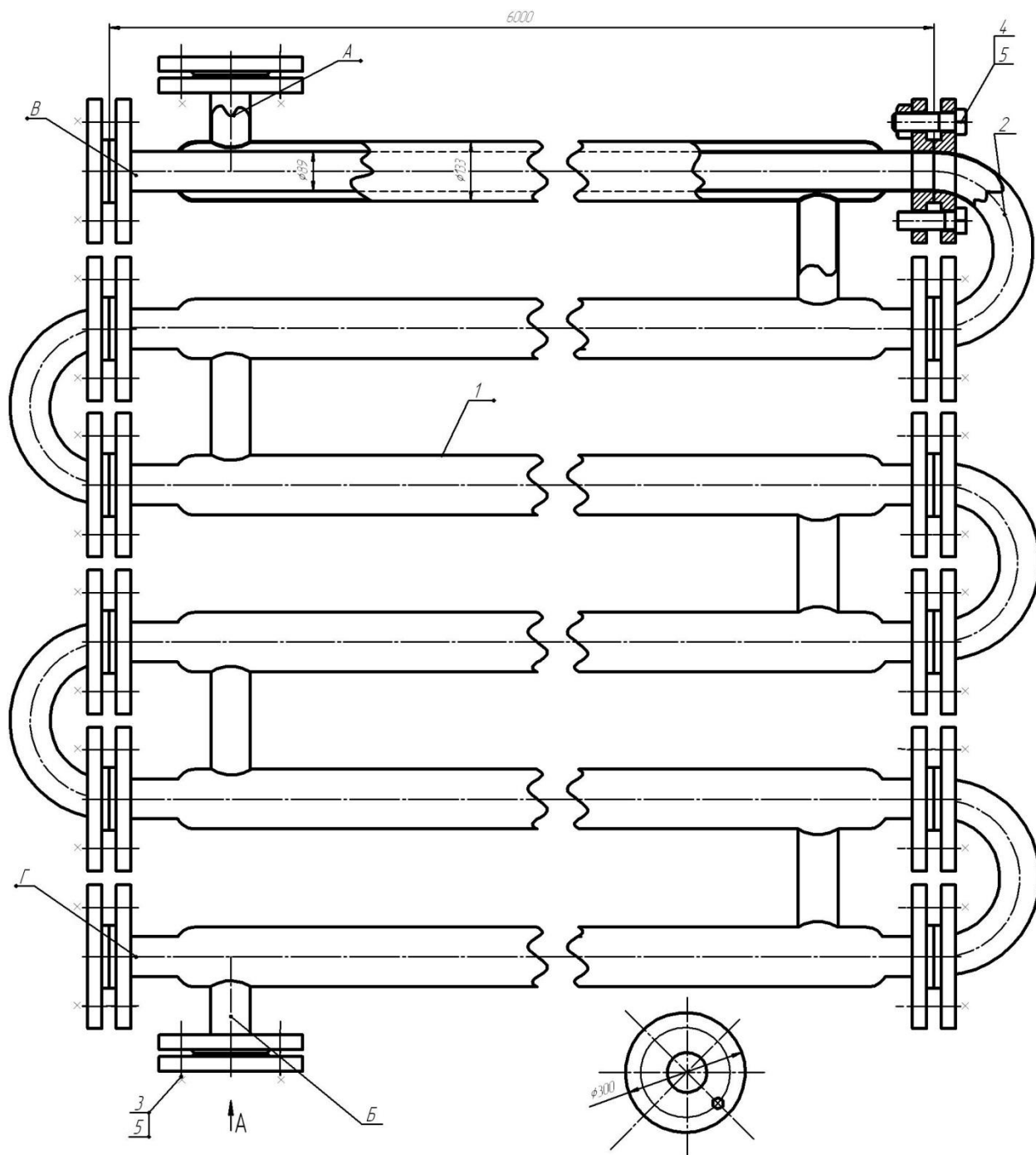
Преимуществами двухтрубного теплообменника являются: во-первых, высокое значение коэффициента теплоотдачи; во-вторых, возможность нагрева и охлаждения при высоком давлении перемещаемых сред; в-третьих, простота при изготовлении, монтаже и обслуживании. В качестве недостатков двухтрубных теплообменников следует отметить: во-первых громоздкость; во-вторых, высокую стоимость из-за значительного расхода металла на наружные трубы, которые участвуют в теплообмене; в-третьих, сложности при очистке кольцевого пространства теплообменника.

Рассматриваемый теплообменник имеет следующие параметры:

- Внутренняя труба, диаметр и толщина 89×3 мм

- Внешняя труба, диаметр и толщина 133×3 мм
- Эффективная площадь при теплообмене 9,6 м²
- Транспортируемые среды:
 - в трубном пространстве - НС1
 - в межтрубном пространстве - водяной пар
- Температура транспортируемых сред:
 - в трубном пространстве 52 °С
 - в межтрубном пространстве 147 °С
- Рабочее давление:
 - в трубном пространстве 0,25 МПа
 - в межтрубном пространстве 0,45 МПа
- Длина труб 6000 мм
- Количество ходов 6
- Масса теплообменника 600 кг
- Материал деталей сталь Ст3 и 10Х17Н13М2Т.
- Прокладки паронит ПОН-1 ГОСТ481-80.

Неразборный однопоточный теплообменник типа «труба в трубе» предназначен для эксплуатации в таких условиях, когда среда, проходящая в межтрубном пространстве, не вызывает образования отложений. Т.е. нет необходимости проведения механической очистки поверхности теплообменных труб. Аппараты, имеющие съемные двойники, пригодны эксплуатации в условиях, которые вызывают образование отложений. При этом существует необходимость проведения периодической чистки поверхностей труб от образовавшихся отложений.



1 – коллектор; 2 – колено; 3, 4, 5 – крепёжные изделия

Рисунок 1.1 –Теплообменник аппаратов конверсии природного газа

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Поскольку детали теплообменника соприкасаются с агрессивной средой хлорида натрия, его выполняют из стали 10X17H13M2T.

Сталь 10X17H13M2T нашла применение при производстве сварных конструкций, которые работают в высокоагрессивных средах (при воздействии соляной, фосфорной и уксусной кислот). Из стали 10X17H13M2T изготавливаются детали аппаратуры участвующей в производстве, как уксусной кислоты, так и карбамида, каучука и изопрена и пр. Химсостав данной марки стали представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химсостав стали 10X17H13M2T (в соответствии с ГОСТ 5632)

Fe	Cr	Ni	Mo	Mn	Ti	C	P	S	Si
Основа	16...18,0	12-14,0	2-3,0	≤2,0	0,5-0,7	≤0,10	≤0,035	≤0,020	≤0,8

Марка стали 10X17H13M2T хорошо проявляет себя в условиях горячей пластической деформации. Интервал температур горячей деформации составляет 860-1200°C. Однако если в материале содержится α-феррит, то необходимо температуру деформации несколько снизить.

Данная сталь хорошо поддается холодной пластической деформации.

Сварку деталей из стали 10X17H13M2T производят с использованием газозлектрической и дуговой сварки (ручного и автоматического типа). При использовании электродуговой сварки ручного типа применяются электроды марок НИАТ-1, НЖ-13, а также ЭА-400/10У. При использовании электродуговой сварки автоматического типа применяют электродную проволоку марок Св-06X19H10M3T, а также Св-04X19H11 с флюсом следующих марок: АНФ-14, АН-26, а также АНФ-6.

Сложность сварки металлоконструкций из стали 10X17H13M2T связана с большим количеством различных легирующих элементов и необходимостью работы металлоконструкции в агрессивных средах.

Сталь 10X17H13M2T (с точки зрения сварки) обладает рядом особенностей:

- склонность к образованию в металле околошовной зоны и сварного шва межкристаллитной коррозии при условии нагрева стали 10X17H13M2T до температур порядка 450-650 °С. Также такой нагрев приводит к появлению ножевой коррозии в зоне сплавления;

- подверженность образованию термических трещин, возникающих при кристаллизации металла, связанная с аустенитной структурой металла сварного шва.

- подверженность данной стали к охрупчиванию, т.е. снижение пластичности металла в зоне сварки при длительной работе металлоконструкции в условиях высокой температуры (>350 °С). Причиной охрупчивания металла в температурном диапазоне от 350 до 550 °С является повышенное содержание феррита, а при более высоких температурах – из-за стигматизации. Также охрупчивание металла в зоне сварки с большим содержанием феррита происходит при выполнении различных технологических операций на производстве, например, при горячей штамповке. Для предотвращения эффекта охрупчивания металла в зоне сварки при длительном нагреве с температурой выше 350 °С нужно снизить содержание феррита в металле до 8-10 %;

- подверженность этой стали к короблению. Если сравнивать с углеродистыми сталями данная марка стали обладает сниженной теплопроводностью и высоким коэффициентом теплового расширения в температурном диапазоне 0-800 °С, что и приводит к усилению эффекта коробления металлоконструкций при сварке;

- при выполнении прихваток стыка труб из данной стали необходимо увинчивать длину прихваток и уменьшать расстояние между ними в два раза, по сравнению с прихватками, выполняемых на стыках труб из низколегированных и углеродистых марок сталей. Это связано с наличием у

стали 10X17H13M2T namного большего коэффициента теплового расширения.

- хорошие прочностные характеристики металлоконструкций, выполненных из аустенитной стали 10X17H13M2T при работе в низких температурах окружающей среды (≥ -100 °C). В противоположном случае, при значительном содержании феррита в структуре металла при низких температурах происходит значительной потеря пластичности стали.

При сварке стали 10X17H13M2T необходимо помнить про повышенную склонность к образованию термических трещин при кристаллизации металла.

При этом размер термических трещин бывает разным: от незаметных глазу микронадрывов в структуре металла до крупных заметных трещин. Термические трещины могут возникать при эксплуатации металлоконструкций в условиях повышенных температур или при термообработке. При сварке образование термических трещин связано с формированием крупнозернистой макроструктуры металла в зоне сварного шва. При многослойной сварке вероятность образования термических трещин повышается, т.к. кристаллы текущего слоя являются продолжением кристаллов предыдущего слоя и на них оказывают влияния напряжения усадки.

У некоторых видов жаропрочных аустенитных сталей из-за термического нагрева вызванного сваркой происходит снижение пластичных и прочностных характеристик металла, что в процессе эксплуатации конечного изделия приводит к образованию трещин в этих местах.

При сварке стали из марки 10X17H13M2T под действием температурного поля происходит выделение из аустенита карбидов хрома. Недостатком данного является повышение склонности участков металла, подвергшихся нагреву к возникновению коррозии межкристалльного типа. Причина возникновения такой коррозии является большое содержание углерода в металле сварного шва и, одновременно, сниженном содержании

титана или ниобия. Чем более длительном нагреве металла стойкость к коррозии снижается сильнее.

Мероприятия по предотвращению межкристаллитной и ножевой коррозии

1) Сторону сварного шва направленного к коррозионной среде необходимо заваривать последней. При выполнении двухсторонней сварки следует выполнять третий облицовочный шов, направленной к коррозионной среде. Если при односторонней сварке отсутствует возможность выполнение сварного шва направленного к коррозионной в последнюю очередь, то следует принять дополнительные меры, направленные на уменьшение перегрева металла первого слоя шва последующими слоями. В том случае следует применить медные массивные прокладки, обдув воздухом, сточки зрения режимов – сварку следует выполнять на максимальной скорости, малым диаметром электродов, на малой силе тока, без поперечных колебаний;

2) Не допускать перегрева металла путем ограничения кратности ремонтных подварок – не более двух;

3) При необходимости следует выполнить полировку рабочей поверхности сварного соединения;

4) Для предотвращения перегрева необходимо и сохранения коррозионной стойкости стали в зоне нагрева сварку следует выполнять при минимально возможном токе, на высокой скорости в условиях отсутствия поперечных колебаний сварочного электрода.

Мероприятия по предотвращению появления термических трещин

1) При использовании ручной дуговой сваркой необходимо стремиться поддерживать короткую длину дуги, при это необходимо отказаться от поперечных колебаний электрода;

2) При использовании сварки под флюсом сваривной шов следует выполнять на низкой скорости с минимально возможным количеством проходов;

3) Кратеры швов необходимо заплавлять до получения выпуклости или проводить их вышлифовку. Запрещено выводить кратеры на основной металл.

4) Если произошел обрыв дуги, то следует проверять место сварки на отсутствие кратерной трещины перед продолжением сварки. При обнаружении трещины следует воспользоваться механической обработкой для удаления кратера.

5) При разработке проекта сварных конструкций из аустенитных сталей рекомендуется производить замену тавровых и угловых соединений на стыковые.

б) При сварке толстотолщинных труб необходимо применять метод комбинирования типов электродов. При этом внутренние слои и слои сварного шва не соприкасающиеся с агрессивной средой выполняются электродами, обеспечивающими стойкость к образованию термических трещин, но не обеспечивающих стойкость к коррозии. А остальные слои сварного шва свариваются электродами, обеспечивающими коррозионную стойкость.

1.3 Особенности выполнения операций по базовой технологии

Расходные материалы, применяемые при сварке

При ручной дуговой сварке применяются штучные металлические электроды с защитным покрытием.

Электроды марок ОЗЛ-7, АНВ-36, ЭА-400/10У, а также НЖ-13 используются при необходимости обеспечения металла сварного шва стойкостью к межкристаллитной коррозии.

Применяемый диаметр электродов – 3 миллиметра, так как использование электродов большего диаметра при сварке данной марки аустенитно стали не рекомендуется.

Режимы сварки

Таблица 1.2 – Режимы исходной технологии сварки

Диаметр электрода	Род, полярность тока	Количество слоёв	Сила сварочного тока
3 мм	Постоянный ток обратной полярности	4-5	Горизонтальное 70...100, вертикальное, потолочное 70...80 А

Подготовительные работы

На всем планируемом к использованию при сварке оборудовании, сварочных материалов и деталей необходимо проверить маркировку, также необходимо проверить сертификаты, подтверждающие соответствие оборудования и материалов их назначению.

Оборудование, материалы и детали с отсутствующей маркировкой или сертификатом к работе не допускаются.

Разметка деталей должна выполняться исходя из принципов экономичности для обеспечения как можно меньших отходов. При этом также необходимо учитывать технологические припуски, связанные с необходимостью выполнения обработки кромок, размеров труб и т.д.

Выполнение кромок под сварку можно производить с использованием механических способов обработки металла.

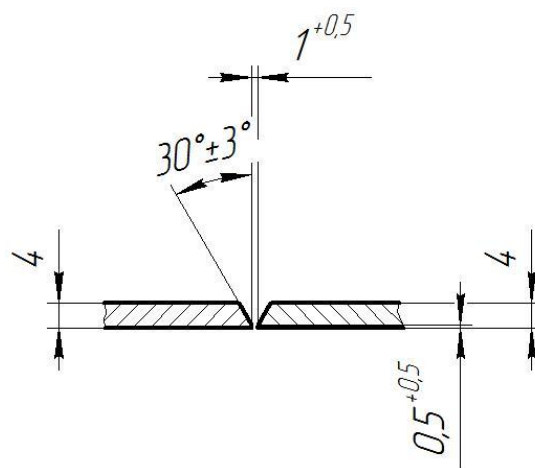


Рисунок 1.2 – Геометрически параметры кромок

Так как трубы выполнены из аустенитной стали, то возможно применение дуговой, кислородно-флюсовой, а также плазменной резки.

При этом кромки труб впоследствии должны быть обработаны наждачным кругом, на глубину не менее полмиллиметра от наибольшей впадины, образовавшейся в результате резки.

Перед осуществлением сборки необходимо привести зачистку поверхности труб до характерного металлического блеска и обезжирить по верности снаружи на ширину ≥ 20 миллиметров от кромки, внутри труб – на ширину ≥ 10 миллиметров.

На подготовленных, к осуществлению сборки, кромках должны отсутствовать резкие переходы, заусенцы, острые углы.

Сборка под сварку

При выполнении сборки стыка труб по сварку возможно использование специальных стеллажей, стенов и приспособлений, обеспечивающих нужное расположение труб под будущую сварку и ограничивая принудительную подгонку, оказывающее негативное влияние впоследствии на качество сварного шва.

При выполнении сборки важной является необходимость правильного центрирования деталей под сварку.

Допускается незначительное отклонение о перпендикулярности к оси смежной трубы на величину не более 1,5 мм/м. При этом требуется обеспечить величину смещения внутренних кромок в стыке в пределах не более 1,2 миллиметра.

Также допускается незначительно отклонение от прямолинейности стыкаемых деталей на расстоянии 0,2 метра в обе стороны от стыка на величину в диапазоне от -1,5 до +1,5 миллиметра.

При сборке стыков разрешено выполнять прихватки, которые должны быть равномерно распределены по всему периметру стыка.

Выполнение прихваток должно выполняться теми же электродами, которыми планируется выполнять сварной шов. Каждую выполненную прихватку следует очистить от шлака и проверить на наличие трещин и скоплений пор. Данные дефекты обнаружены, то необходимо срезать дефектную прихватку и выполнить ее заново.

Прихватки должен выполнять сварщик с той же квалификацией, что сварщик производящий выполнение сварного шва.

При осуществлении сборки по периметру стыка выполняются прихватки в количестве ≥ 3 , длиной порядка 15-20 миллиметров

Выполнение сварного шва

Не допускается выполнение сварки при температуре окружающего воздуха меньше -10°C .

Во время сварки легированных сталей следует выбирать наименьшую длину дуги, при этом сварка ведется постоянным током обратной полярности.

Для обеспечения отсутствия перегрева и сохранения коррозионной стойкости металла сварку следует выполнять на максимальной скорости, на малой силе тока, без поперечных колебаний;

Геометрические характеристики шва проиллюстрированы на рисунке 1.3.

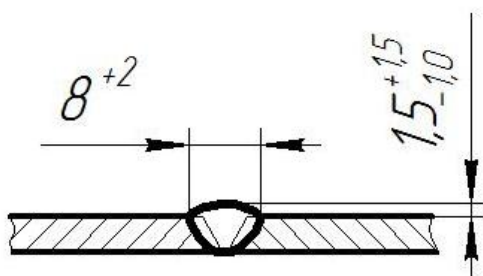


Рисунок 1.3 – Геометрические характеристики шва

Для выполнения сварочных работ необходимо использовать оборудование только серийного производства, включающее в себя автоматы, полуавтоматы, источники питания и т.д.

Комплектация и характеристики используемого при сварке оборудования должна соответствовать паспорту, поставляемому заводом-производителем.

К напряжению питающей сети предъявляется следующее требование – отклонение напряжения от номинального значения должно быть не больше 5%.

Зажигание дуги осуществляется в месте разделки шва или на наплавленном металле.

При выполнении сварного шва необходимо стремиться избегать обрыва дуги. Если же обрыв все-таки произошел, то следует провести зачистку от загрязнений места сварки на расстоянии более 15 мм от точка обрыва дуги. После это процесс возбуждения дуги следует начинать на выполненном шве, на расстоянии 10-15 мм от точки предыдущего обрыва дуги.

При завершении выполнения сварного шва дуга должна может быть оборвана только после заварки кратера, которая осуществляется короткими замыканиями электрода.

Запрещено выводить кратер на основной металл.

После выполнения каждого слоя сварного шва требуется провести его очистку от шлака и проконтролировать отсутствие таких дефектов, как трещины и скопления пор. Если в процессе осмотра были обнаружены дефекты, то данное место шва необходимо зачистить и выполнить сварку заново.

После окончания сварки необходимо выполнить зачистку стыков от брызг металла, шлаковых загрязнений и следов окалины.

Контроль качества сварки

При контроле качества сварки применяются следующие методы:

- 1) Пооперационный контроль;
- 2) Визуальный контроль/осмотр сварного соединения;
- 3) Радиографический контроль.

Проведение *пооперационного контроля* предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и труб на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев труб под сварку и качества сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке труб, правильность центровки труб, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют температуру предварительного подогрева;
- г) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);
- д) проверяют соблюдение параметров режима термической обработки сварных соединений.

Визуальный контроль проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалина, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

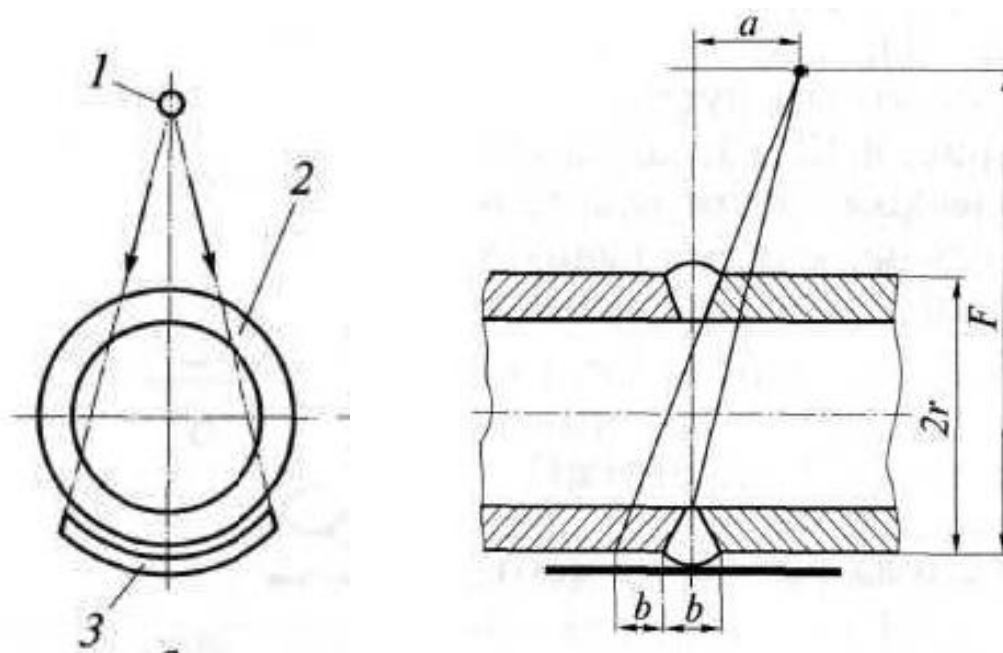
К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Контроль сварных соединений *радиографическим методом* производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам

радиографического контроля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объёмные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать повторному контролю. Сварные соединения трубопроводов, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объёма количеством стыков.

При контроле сварного шва просвечивание следует производить снаружи сквозь обе стенки. При этом источник следует располагать так, чтобы излучение проходило под углом к оси шва, что обеспечит отсутствие наложения изображений швов друг на друга. Схема радиографии стыка показана на рисунке 1.4.



1 – источник излучения, 2 – контролируемый участок, 3 – кассета с плёнкой

Рисунок 1.4 – Схема радиографии стыка труб через две стенки

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В результате проведенного анализа было установлено следующее. В исходном варианте применяется дуговая сварка штучными электродами. Такой подход приводит к возникновению следующих недостатков:

1. Наличие ручного труда;
2. Относительно низкая производительность сварки;
3. Высокая трудоемкость мероприятий, направленных на обеспечение соосности труб;
4. Низкая стабильность качества соединений.

Для преодоления данных недостатков предложено:

1. Сменить тип сварки на более производительный
2. Повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию.

Таким образом, сформулируем задачи ВКР которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) предложить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

2.1 Обоснование выбора способа сварки

На первом этапе анализа выделим те типы сварки, которые смогут обеспечить защиту зоны сварки от воздействия окружающего воздуха. Для сварки аустенитных сталей может применяться: лазерная сварка, газовая сварка, сварка под флюсом, ручная дуговая сварка, сварка в защитных газах неплавящимся и плавящимся электродом.

На втором этапе анализа отберем те способы сварки, которые подходят для данной толщины деталей, которая составляет 4 миллиметра. В данном случае подходящими видами сварки будут являться: лазерная сварка, сварка в защитных газах неплавящимся и плавящимся электродом, ручная дуговая сварка, сварка под флюсом, сварка самозащитной проволокой.

На третьем этапе анализа отберем те способы сварки, которые подходят для выполнения шва с учетом его протяженности пространственного положения, а также конфигурации. В нашем случае осуществляется сварка труб диаметром 9 см, по всей окружности. При этом стык является неповоротным. Таким образом, подходящими для нас типами сварки являются: дуговая сварка в среде защитного газа неплавящимся электродом, сварка самозащитной проволокой, а также ручная электродуговая сварка.

Стоит отсеять дуговую сварку под флюсом, так как при сварке трубы по периметру неповоротного стыка возможно осыпание флюса.

На четвертом этапе анализа, исключим те способы сварки, механизация которых в рамках решаемой задачи невозможна и неэффективна. В нашем случае сварка выполняется в монтажных условиях, по этой причине можно рекомендовать применение ручных или

механизированных типов сварки, а именно: ручной дуговой сварки, ручной дуговой сварки в среде защитного газа плавящимся электродом, механизированной дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом, а также сварки самозащитной проволокой.

В числе преимуществ **ручной дуговой сварки** с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, шлаковая защита шва при условии равномерного оплавления электрода; во-вторых, наличие возможности легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

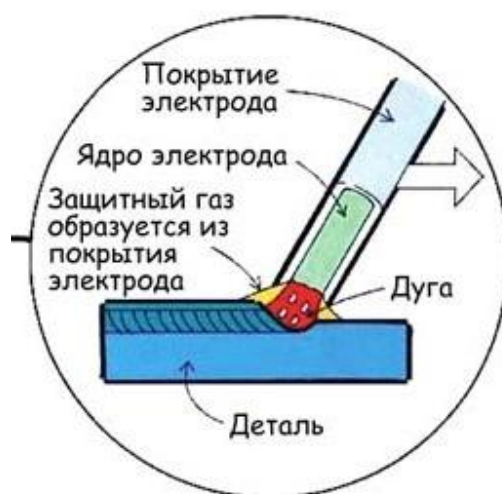


Рисунок 2.1 – Дуговая сварка штучными электродами

Механизированная сварка в активных газах получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [10]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения

металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [11, 12], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. В литературных источниках [13-17] указано, что дуговая сварка в защитных газах наиболее распространена среди других способов сварки плавлением. При этом прогнозируется замена сварки штучными электродами на механизированные виды сварки.

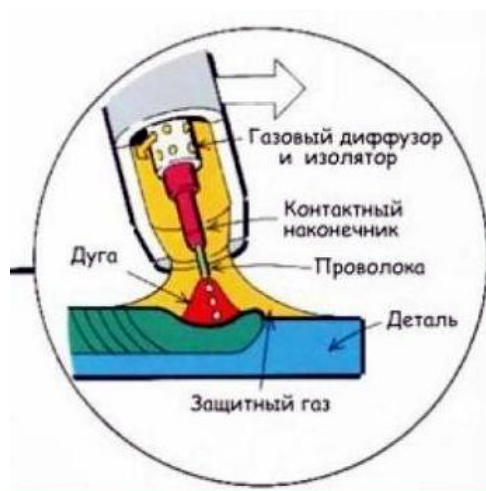


Рисунок 2.2 – Сварка в среде защитных газов плавящейся электродной проволокой

Перспективным направлением механизации сварочных работ может быть признана механизированная **сварка порошковой проволокой**. Этот способ получения сварных соединений имеет преимущества по сравнению с как ручной дуговой сваркой, так и по сравнению с механизированными способами проволокой сплошного сечения. Он отличается высокой производительностью, простотой выполнения, маневренностью, возможностью сварки в условиях открытых монтажных площадок.

В настоящее время в качестве основных направлений исследований в области повышения качества сварки аустенитных хромоникелевых сталей порошковой проволокой являются можно выделить: во-первых, получение возможности сварки во всех пространственных положениях при отсутствии дополнительной защиты, во-вторых, улучшение формирования сварных швов с получением оптимальных показателей геометрических размеров, формы, чешуйчатости, вязкости и отделимости шлака; в-третьих, получение сварных соединений, которые отвечали бы высоким требованиям к механическим, физико-химическим, структурным и коррозионным свойствам.

В СССР разработка первых самозащитных порошковых проволок произведена в ИЭС имени Е. О. Патона. Существенный вклад в исследование таких видов проволок были внесены академиком Походня И.К., д.т.н. Мазелем А.Г., д.т.н. Шлепаковым В.Н., д.т.н. Потаповым Н.Н., д.т.н. Мойсовым Л.П., д.т.н. Бурылевым Б.П., д.т.н. Иоффе И.С.

Несмотря на значительность достигнутых успехов в области сварки порошковыми проволоками, не получено решения многих научных и практических задач, связанных с проведением разработок самозащитных порошковых проволок для сварки конструкций из аустенитных хромоникелевых сталей.



Рисунок 2.3 – Сварка порошковой проволокой

Технология дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона схематично показана на рисунке 2.4. У данного вида сварки большое количество достоинств. Так газовая аргоновая среда в процессе сварки обеспечивает защиту металла в сварочной ванне от воздействия внешней среды. При этом происходит качественная проварка корня шва, есть возможность применение электродных проволок большой и малой толщины. При необходимости всегда можно использовать проволоку требуемого химического состава. Однако помимо достоинств, данному виду сварки присуще и недостатки: дополнительные расходы, связанные с покупкой аргона, необходима высокая квалификация сварщика, быстрый износ оборудования при выполнении сварного шва на высоких значениях тока.

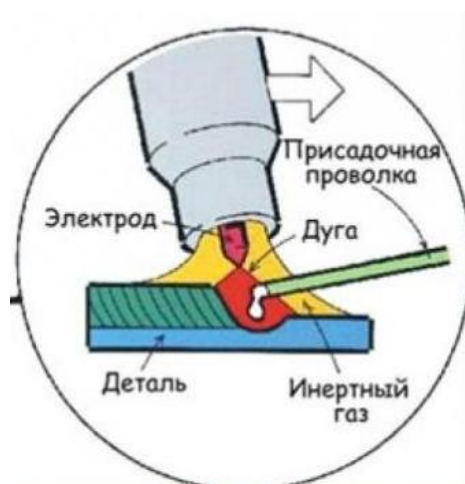


Рисунок 2.4 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки при составлении проектного технологического процесса применим механизированную сварку в защитных газах.

2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в защитных газах

Развитие алгоритмов управления технологическими процессами позволило осуществить совершенствование различных подходов к управлению сварочной дугой. Одним из таких перспективных подходов является введение импульсов тока, с помощью которых можно осуществлять управление массопереносом электродного материала в сварочную ванну.

Многие исследователи занимались проблемой управления массопереносом электродного материала в сварочную ванну при сварке в среде защитных газов. Среди них можно выделить Сагирова Х. Н., Дюргерова Н.Г., Патона Б. Е., Ленивкина В. А., Потапьевского А. Г., Шейко П. П., Князькова А. Ф., Болдырева А. М., и др.

На основании проведённых исследований [9] предложен алгоритм управления сваркой с управляемым каплепероном, для реализации которого разработана оптимальная структура импульсного источника питания. За основу взят быстродействующий инвертор, который управляется с использованием микропроцессорного устройства.

В 1960-е годы получил достаточно широкое распространение импульсно-дуговой процесс сварки, суть которого заключалась в использовании импульсных алгоритмов управления источником сварочного тока процессом переноса электродного металла [10].

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

2.3 Расходные материалы для сварки

Выбор защитной среды

Отраслевой стандарт 26.260.3-2001 «Сварка в химическом машиностроении» указывает, что для создания газовой защитной среды при сварке необходимо использовать гелий, аргон, смесь аргона и гелия, смесь аргона с кислородом (до 3% кислорода), смесь гелия с кислородом (до 3% кислорода), смесь аргона с CO₂ (содержание CO₂ до 5%), смесь гелия с CO₂ (содержание CO₂ до 5%).

Углекислый газ также может быть использован в качестве защитной среды, но только при условии, отсутствия работы сварного соединения в коррозионных средах. Поэтому данный вариант для нашего случая не подходит.

Таким образом, выберем использование в качестве защитного газа смеси аргона и CO₂ (содержание CO₂ - 5%). Такая смесь позволит обеспечить высокую производительность сварки и стабильное качество сварки.

Выбор электродной проволоки

Отраслевой стандарт 26.260.3-2001 «Сварка в химическом машиностроении» указывает, что в качестве электродной проволоки должна использоваться проволока марки Св-08Х19Н10МЗБ (ГОСТ 2246-70).

Данная проволока позволяет получать коррозионностойкие швы при сварке аустенитных сталей с содержанием Cr порядка 19%, Ni порядка 12% и Mo порядка 3% в аргонной защитной среде.

При этом, добавление в проволоку легирующего элемента ниобия приводит к повышению стойкости сварного шва к межкристаллитной коррозии. Добавление кремния в химсостав проволоки позволяет повысить качество сварного соединения.

Проволока марки Св-08Х19Н10МЗБ используется в пищевой, нефтяной и химической промышленности для получения сварных соединений, предназначенных для работы при высоких температурах.

Таблица 2.3 – Химсостав электродной проволоки марки Св-08Х19Н10МЗБ

С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu
<0,08	0,8	1,8	19,0	12,5	2,8	<1,0	<0,3

Таблица 2.4 – Физико-механические характеристики наплавляемого проволокой Св-08Х19Н10МЗБ металла.

Предел текучести:	460 МПа
Предел прочности:	615 МПа
Относительное удлинение:	35%
Ударная вязкость при +20°С	40 Дж/см ²

Изготовление аппаратов и трубопроводов под контролем Госгортехнадзора приводит к все более частому применению зарубежных сварочных расходных материалов (к которым относятся, например, электроды, флюсы, электродные проволоки).

Лидерами среди производителей и поставщиков сварочных материалов в России являются следующие фирмы: швейцарская фирма ESAB, австрийская фирма BOHLER, германская фирма UTP, американские фирмы OERLIKON и LINCOLN, а также японская фирма KOBE.

Так для проволоки Св-08Х19Н10МЗБ существует схожий по характеристикам аналог – электродная проволока ОК Autrod 318Si швейцарского производства (ESAB). Данная проволока является сплошной, коррозионностойкой и стабилизированной, предназначена для сварки Cr-Ni и Cr-Ni-Mo сталей.

Данная марка проволоки обладает отличной устойчивостью к возникновению коррозии поверхностного типа. Химический состав проволоки стабилизирован ниобием, что приводит к повышению стойкости

сварного шва к межкристаллитной коррозии. Добавление кремния в химсостав проволоки приводит к улучшению сварочных характеристик, например, смачивания. Добавления ниобия в химический состав проволоки, позволяет полученному сварному шву успешно работать при высоких рабочих температурах ($\leq 400^{\circ}\text{C}$).

Таблица 2.5 – Химсостав электродной проволоки марки ESAB OK Autrod 318Si

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb
0,04	0,8	1,3	19	12	2,8	0,7

Таблица 2.6 – Физико-механические характеристики наплавляемого проволокой ESAB OK Autrod 318Si металла.

Предел текучести:	460 МПа
Предел прочности:	615 МПа
Относительное удлинение:	35%
Ударная вязкость при $+20^{\circ}\text{C}$	100 Дж/см ²

Другим аналогом проволоки Св-08Х19Н10МЗБ является проволока в марки 19.12.3.NbSi (производство компании Sandvik). Основное ее назначение – сварка аустенитных нержавеющей сталей с содержанием Cr порядка 19%, Ni порядка 12% и Mo порядка 3% в среде аргона. При этом, добавление в проволоку легирующего элемента ниобия приводит к повышению стойкости сварного шва к межкристаллитной коррозии. Добавление кремния в химсостав проволоки позволяет повысить качество сварного соединения. Добавления ниобия в химический состав проволоки, позволяет полученному сварному шву успешно работать при высоких рабочих температурах ($\leq 400^{\circ}\text{C}$).

Таблица 2.7 – Химсостав электродной проволоки марки 19.12.3.NbSi (производитель «Sandvik»)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu
<0,08	0,8	1,8	19,0	12,5	2,8	<1,0	<0,3

Таблица 2.8 – Физико-механические характеристики наплавляемого проволокой 19.12.3.NbSi металла

Предел текучести:	460 МПа
Предел прочности:	615 МПа
Относительное удлинение:	35%
Ударная вязкость при +20°С	40 Дж/см ²

Для выполнения сварного шва остановим свой выбор на электродной проволоки отечественного производства. При этом могут быть обеспечены необходимые свойства сварного шва и нет необходимости обращаться к иностранному производителю сварочных материалов.

2.4 Сварочное оборудование

Для выполнения сварочных работ может быть использован источник постоянного тока ВС-300, представленный на рисунке 2.4. источник постоянного тока ВС-300Б оснащен встроенным блоком управления и может использоваться при необходимости выполнения полуавтоматической сварки электродуговой сварки с использованием в качестве плавящегося электрода проволоки в среде защитного газа.

Сварочный выпрямитель ВС-300Б для сварки коррозионостойких, легированных, а также углеродистых сталей.

Данный источник постоянного тока позволяет производить ступенчатую регулировку напряжения.

При выполнении ремонтно-сварочных работ на промышленных объектах определенных случаях значительную роль играют такие характеристики источников сварочного тока, как компактные размеры и

малый вес, для обеспечения требуемой мобильности оборудования. По этим характеристикам данная модель источника питания успешно конкурирует с аналогичными приборами.

Источник постоянного тока ВС-300Б обладает следующими достоинствами:

- Возможность совместной работы с устройствами по подаче проволоки типа ПДГ;
- Простая конструкция, обеспечивающая длительность бесперебойной эксплуатации источника тока;
- Компактные размеры и малый вес;
- Высокая мобильность.



Рисунок 2.4 – Источник сварочного тока ВС-300

Подача электродной проволоки осуществляется с помощью полуавтомата ПДГ-421, представленного на рисунке 2.5. Данное устройство предназначено для подачи электродной проволоки из стали либо проволоки порошкового типа при выполнении сварки на постоянном токе в среде защитного газа.

Полуавтомат ПДГ-421 оснащен приводом редукторного типа, электромагнитным клапаном, управляющей микросхемой и газовым трактом.

Панель для задания режимов сварочного процесса расположены на передней панели прибора.

Таблица 2.9 – Основные параметры полуавтомата ПДГ-421 и источника постоянного тока ВС-300

Название параметра	ВС-300Б	ПДГ-421
Входное напряжение, В	3x380	24
Частота входного напряжения, Гц	50	-
Номинальный ток сварки, А (ПВ, %)	315(40)	-
Пределы задания тока сварки, А	50-350	-
Пределы задания рабочего напряжения, В	16-35	-
Напряжение ХХ, В, не более	45	-
Мощность привода, Вт	-	60
Пределы задания скорости подачи проволоки, м/ч	-	45-950
Диаметр проволоки, мм		
- стальная	-	0,6-1,4
- порошковая	-	-
Количество ступеней регулирования	20	-
Масса, кг, не более	125	13
Габаритные размеры, мм, не более	670x670x750	470x190x290



Рисунок 2.5 – Устройство для подачи проволоки ПДГ-421

2.5 Описание сварочных операций проектного процесса сварки

Перед началом сварки необходимо провести обдув зоны сварки защитным газом, и только после этого переходить к возбуждению дуги. В процессе сварки необходимо контролировать расстояния от зоны сварки до сопла, которое должно быть не более 2,5 см.

При выполнении сварного шва необходимо стремиться избегать обрыва дуги. Если же обрыв все-таки произошел, то следует провести зачистку от загрязнений места сварки на расстоянии более 15 мм от точки обрыва дуги. После этого процесс возбуждения дуги следует начинать на выполненном шве, на расстоянии 10-15 мм от точки предыдущего обрыва дуги.

При завершении выполнения сварного шва дуга должна быть оборвана только после заварки кратера. Подачу защитного газа следует прекращать только после потемнения металла в сварочной ванне.

После нанесения каждого слоя шва необходимо производить осмотр соединения с целью обнаружения дефектов. При обнаружении дефектов их следует устранить до начала наложения следующего слоя шва.

Необходимо обеспечить плавное соединение валиков последних слоев шва между собой и с поверхностью основного металла.

Режимы сварки на токе обратной полярности представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Режимы сварки

Параметр	Обозначение	Нахлесточное соединение
Диаметр электродной проволоки	d_{np} , мм	1,6
Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	220...260
Напряжение на дуге	$U_{д}$, В	25...27
Скорость подачи электродной проволоки	V_{np} , м/ч	220...240
Вылет электрода	$l_{эл}$, мм	18...25
Расход газа	q , л/мин	15...16
Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	40...50

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Составление технологической характеристики объекта

Исходная технология сварки предусматривает использование дуговой сварки штучными электродами. Такой подход обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов.

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки при составлении проектного технологического процесса применим механизированную сварку в среде защитного газа.

Повышение эффективности механизированной сварки в проектной технологии достигается импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся

исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Одним из основных вредных производственных факторов в сварочном производстве является загрязнение воздуха рабочей зоны токсичными веществами в виде сварочных аэрозолей, образующихся при электродуговом процессе. Защита сварщиков и производственной среды от действия сварочных аэрозолей осуществляется посредством различных систем вентиляции, которые должны обеспечить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимой концентрации. Для выбора необходимой системы вентиляции и повышения ее эффективности на рабочих местах сварщиков необходимы экспериментальные данные о содержании вредных веществ в воздухе рабочей зоны при различных условиях вентилирования.

Твердая составляющая сварочного аэрозоля образуется при конденсации паров металлов и шлака. Условия испарения металла и шлака оказывают решающее влияние на состав аэрозоля. Температура капли, ее удельная поверхность и скорость перехода марганца из объема капли к ее поверхности определяют концентрацию марганца в аэрозоле.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Станок подготовки кромок, шлифмашинка	Вода техническая, круг абразивный
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Кондуктор сборочный	Воздух сжатый
3. Осуществление сварки изделия	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Сварочный выпрямитель ВС-300, полуавтомат ПДГ-421, машинка угловая шлифовальная	Сварочная проволока Св-08Х19Н10МЗБ, аргон, углекислый газ
4. Проведение контроля качества сварных стыков	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля	Радиографическая плёнка

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовительная операция	острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наружный трубный центратор
3. Осуществление сварки изделия	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной и УФ радиации	Сварочный выпрямитель ВС-300, полуавтомат ПДГ-421, машинка угловая шлифовальная
4. Проведение контроля качества сварных стыков	- повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Аппарат рентгеновского контроля

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предупреждающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о факте возникновения пожара

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка изделия	Установка индукционного нагрева, сварочный источник питания	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 3.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных соединений	Подготовка стыка, сборка под сварку, сварка, контроль качества	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка теплообменника
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

3.6 Заключение по экологическому разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. Внедрение проектной технологии в производство сопровождается угрозами экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества сварки теплообменников из стали 10X17H13M2T. При выполнении базовой технологии сварки предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO₂ с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – заготовительная; вторая операция – сборочная; третья операция – предварительный нагрев; четвёртая операция – сварочная; пятая операция – термообработка; шестая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один сварной стык.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	59,6	59,6
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования:	Цоб	Руб.		
	- Труборезный станок			65000	65000
	- Выпрямитель ВД-301			50000	50000
	- Аппарат рентгеновского контроля Арина-5			200000	200000
	- Шланговый полуавтомат ПДГ-421			-	20000
	- Устройство для управления дугой при сварке			-	22000
	- Центратор ЦЗН			15000	-
	- Центратор разработки ТГУ			-	5000
	ИТОГО:			330000	362000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	4	7,3
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t _{МАШ}	час	4,96	3,31

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

D_{II} – общее количество предпраздничных дней;

T_{II} – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_Э = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{ШТ} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{П-З}, \quad (4.3)$$

где $t_{ШТ}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{МАШ}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{ВСП}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{МАШ}$;

$t_{ОБСЛ}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{МАШ}$;

$t_{ОТЛ}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{МАШ}$;

$t_{П-З}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{МАШ}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{шт.баз} = 4,96 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 6 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 3,31 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

где $F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{Г.баз.} = 4108/6 = 684 \text{ стыков за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 4108/4 = 1027 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{Г} = 600$ стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot П_{Г}}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$П_{Г}$ – принятое значение годовой программы;

$F_{Э}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

Квн – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{ДАН} \times \text{.А}} = \frac{6 \cdot 600}{4108 \cdot 1,03} = 0,90$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{.Д}} = \frac{4 \cdot 600}{4108 \cdot 1,03} = 0,57$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

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

где $n_{\text{расч}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{zб} = 0,90/1 = 0,90$$

$$K_{zп} = 0,57/1 = 0,57$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = \text{Ц}_m \cdot N_p \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (4.7)$$

где Ц_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{\text{т-з}}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в среде CO₂ с импульсным управлением сварочной дугой. Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 335 \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 175,88 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (177,88 \cdot 0,4 + 30 \cdot 10) \cdot 1,05 = 389,71 \text{ рублей}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

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

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 6 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 672,29 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 4 \cdot 59,6 \cdot 1,88 = 448,19 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 672,29 \cdot 12/100 = 80,67 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 448,19 \cdot 12/100 = 53,78 \text{ рублей;}$$

$$\PhiЗП_{\text{базов..}} = 672,29 + 80,67 = 752,96 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 448,19 + 53,78 = 501,97 \text{ рублей.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$Осн = \PhiЗП \cdot K_{сн} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$Осс_{\text{баз.}} = 752,96 \cdot 34 / 100 = 256,01 \text{ руб.}$$

$$Осс_{\text{проектн.}} = 501,97 \cdot 34 / 100 = 170,67 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

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

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$N_{\text{а}}$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\dot{a}} \cdot \dot{a} = \frac{330000 \cdot 21,1 \cdot 6}{4108 \cdot 100} = 101,70 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{\dot{a}} \cdot \dot{i} \cdot \dot{\delta} = \frac{362000 \cdot 21,1 \cdot 4}{4108 \cdot 100} = 74,37 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

где $M_{\text{уст}}$ – принятое значение мощности установки;

$Ц_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$D_{\text{г-гá}} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 1,75}{0,7} = 29,4 \text{ рублей}$$

$$D_{\text{г-гiđ}} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 1,75}{0,7} = 19,6 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 101,70 + 29,4 = 131,10 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 74,37 + 19,6 = 93,97 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Z_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$D_{\text{г-гá}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 6}{4108} = 58,42$$

$$D_{i \text{ \AA}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 4}{4108} = 38,97$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{з}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{\text{пл}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{\text{пл}}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{i \text{ \AA}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 6}{4108 \cdot 100} = 4,38$$

$$\dot{A}_{i \text{ \AA} \text{ Д}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 4}{4108 \cdot 100} = 2,92$$

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 58,42 + 4,38 = 62,8 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПроектн.}} = 38,97 + 2,92 = 41,89 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + З_{\text{Об}} + З_{\text{Пл}} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 175,88 + 752,96 + 256,01 + 131,10 + 62,8 = 1378,75 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 389,71 + 448,19 + 170,67 + 93,97 + 41,89 = 1144,43 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{Осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1378,75 + 1,5 \cdot 672,29 = 1378,75 + 1008,44 = 2387,19 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1144,43 + 1,5 \cdot 448,19 = 1144,43 + 672,29 = 1816,72 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + З_{\text{Осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{ЗАВ}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2387,19 + 1,15 \cdot 672,29 = 2387,19 + 773,13 = 3160,32 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1816,72 + 1,15 \cdot 448,19 = 1816,72 + 515,42 = 2332,14 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	175,88	389,71
2	Фонд заработной платы	ФЗП	752,96	448,19
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	256,01	170,67
4	Затраты на оборудование	Зоб	131,10	93,97
5	Расходы на площади	Зпл	62,8	41,89
	Себестоимость технологич.	Стех	1378,75	1144,43
6	Расходы цеховые	Рцех	1008,44	672,29
	Себестоимость цеховая	Сцех	2387,19	1816,72
7	Расходы заводские	Рзав	773,13	515,42
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	3160,32	2332,14

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{ОБЩБ} = K_{ОББ} = n \cdot Ц_{ОБ.Б} \cdot K_{З.Б.}, \quad (4.20)$$

где $K_з$ – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$Ц_{ОБ.Б}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

$$Ц_{ОБ.Б.} = Ц_{ПЕРВ.} - (Ц_{ПЕРВ.} \cdot T_{СЛ} \cdot N_A / 100), \quad (4.21)$$

где $Ц_{ПЕРВ.}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{СЛ}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$Ц_{ОБ.Баз.} = 330000. - (330000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 122100 \text{ рублей}$$

$$K_{ОБЩБаз.} = 122100 \cdot 0,90 = 109890 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

$$, K_{ОБЩПР} = K_{ОБПР} + K_{ПЛПР} + K_{СОПР} \quad (4.22)$$

где $K_{ОБ}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{ПЛ}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{СОП}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{ОБПроектн.} = Ц_{ОБПР} \cdot K_{Т-З} \cdot K_{ЗБ} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{ОБПроектн.} = 362000 \cdot 1,05 \cdot 0,57 = 216657 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = K_{ДЕМ} + K_{МОНТ} \quad (4.24)$$

где $K_{ДЕМ}$ – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{МОНТ}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{ДЕМ} = Ц_{Б} \cdot K_{ДЕМ} \quad (4.25)$$

где $K_{ДЕМ}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{ДЕМ} = 330000 \cdot 0,05 = 16500 \text{ руб.}$$

$$K_{МОНТ} = Ц_{ПР} \cdot K_{МОНТ}, \quad (4.26)$$

где $K_{МОНТ}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{МОНТ} = 362000 \cdot 0,05 = 18100 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = 16500 + 18100 = 34600 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩПроектн.} = 216657 + 34600 = 251257 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ}. \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{ДОП} = 251257 - 109890 = 141367 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_{Г}}, \quad (4.28)$$

где $П_{Г}$ – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{удБаз.} = 109890/600 = 183,15 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 251257/600 = 418,76 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГБ}} - t_{\text{ШГПР}}}{t_{\text{ШГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{6 - 4}{6} \cdot 100\% = 33,3\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$P_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШГ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШГ}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 33,3}{100 - 33,3} = 49,9\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{ОГ}} = \frac{1378,75 - 1144,43}{1378,75} \cdot 100\% = 17,0\%$$

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{\text{Ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot P_{\text{T}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (3160,32 - 2332,14) \cdot 600 = 496908 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{ок} = \frac{141367}{496908} \approx 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_{н} \cdot K_{доп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\Delta_{г} = 496908 - 0,33 \cdot \dots = 450257 \text{ руб.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 33,3 %, увеличение производительности труда на 49,9 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 17 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 0,5 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 0,45 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения данной выпускной работы была поставлена следующая цель - повысить производительность и качество сварки теплообменных аппаратов из стали 10Х17Н13М2Т.

Исходная технология сварки предусматривает использование дуговой сварки штучными электродами. Такой подход обладает следующими недостатками: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов.

На основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки при составлении проектного технологического процесса применим механизированную сварку в среде защитного газа.

Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Разработана проектная технология сборки и сварки теплообменника.

В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Также были проведены расчёты для оценки экономической эффективности проектных решений.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 0,45 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,28 года. Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 33,3 %, увеличение производительности труда на 49,9 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 17 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемые проектные решения обладают экономической эффективностью, поставленная цель работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Касаткин, А.Т. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. – 754 с.
2. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
4. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
5. ГОСТ 16037-80 - Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. Введён 01-07-81. – 24 с.
6. ОСТ 26.260.3-2001 "Сварка в химическом машиностроении. Основные положения"
7. ГОСТ 5632–72 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки
8. ГОСТ 9940–81 Трубы бесшовные горячедеформированные из коррозионно-стойкой стали. Технические условия
9. Гецкин, О.Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чеюоксары: НПП «Технотрон». – 2010.
10. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
11. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография /

А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

12. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.

13. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

14. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweißen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

15. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.

16. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.

17. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

18. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

19. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

24. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

20. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.

21. Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

22. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.
23. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
24. Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.
25. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.
26. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
27. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
28. 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. – 135 с.