

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 теплообменного аппарата
из стали 10X17H13M2T

Студент

А.О. Солдатов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Увеличение доли строительства ответственных объектов, требует проведения мероприятий по повышению качества и производительности сварочных работ. Эти эффекты могут быть получены при механизации сварки, применении перспективных высокопроизводительных способов сварки, сварочного оборудования и сварочных материалов.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки теплообменных аппаратов из нержавеющей сталей. В соответствии с базовой технологией сварка изделия выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведенного анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения импульсного управления сварочной дугой предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов.

В ходе выполнения данного раздела исполнительного блока были решены следующие задачи: 1) обосновать замену способа сварки на более производительный; 2) повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию; 3) составить проектную технологию сборки и сварки изделия.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при сборке и сварке теплообменных аппаратов из нержавеющей сталей.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния вопроса ремонтной сварки металлических конструкций	6
1.1 Описание изделия и условия его работы.	6
1.2 Сведения о материале изделия.	9
1.3 Базовая технология сварки.	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология сварки изделия	18
2.1 Обоснование выбора способа сварки	21
2.2 Выбор защитного газа	21
2.3 Выбор сварочной проволоки	22
2.4 Требования к сварочным материалам	26
2.5 Назначение значений параметра режима сварки	26
2.6 Оборудование для сварки	29
Заключение по второму разделу	34
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	39
3.6 Заключение по разделу	40

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	41
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	41
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	43
4.3 Расчет штучного времени	44
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки	48
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	55
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	59
Заключение по экономическому разделу	61
Заключение	63
Список используемой литературы	64

Введение

Химическая промышленность широко применяет аппаратуру, обеспечивающую теплообмен между различными средами. Такие теплообменные аппараты позволяют передать тепло от одной среды к другой среде, при этом контактирующие среды разделены друг от друга стенкой. Сама теория передачи тепла достаточно сложна и описывает три вида теплообмена: теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением. В теплообменниках проходит совокупное и одновременное действие теплопроводности и конвекции. Теплоносителем выступает водяной пар и продукты сгорания топлива. Охлаждающими агентами выступают применяется вода, воздух и водные растворы солей (NaCl , CaCl_2). В теплообменниках, работающих с агрессивными средами, применяют аустенитные хромоникелевые стали. Качественная сварка монтажных соединений элементов теплообменника крайне важна для обеспечения безотказности и безаварийности работы химического оборудования.

Увеличение доли строительства ответственных объектов, требует проведения мероприятий по повышению качества и производительности сварочных работ. Эти эффекты могут быть получены при механизации сварки, применении перспективных высокопроизводительных способов сварки, сварочного оборудования и сварочных материалов.

Таким образом, выбранная **тема** выпускной квалификационной работы «Технология сварки теплообменного аппарата из стали 10X17H13M2T» актуальна и имеет промышленное значение.

Кроме того, актуальной является **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки теплообменных аппаратов из стали 10X17H13M2T. **Объектом** исследования является сварка коррозионностойкой аустенитной стали 10X17H13M2T. **Предметом** исследования является технологический процесс сварки теплообменного аппарата из стали 10X17H13M2T.

1 Анализ современного состояния вопроса ремонтной сварки металлических конструкций

1.1 Описание изделия и условия его работы

Рассматриваемое изделие – теплообменник типа «труба в трубе» - является однопоточным аппаратом, который выполняет нагрев и охлаждение различных сред при реализации технологических процессов нефтяной, химической, нефтехимической и газовой промышленности (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Однопоточный неразборный теплообменник типа ТТОН

Рассматриваемый теплообменник включает в себя ряд последовательно соединенных звеньев. Каждое звено состоит из двух соосно установленных труб. Соединение труб выполняется с использованием «калачей» или колен.

Преимуществом двухтрубных теплообменников является возможность получения значительной поверхности теплообмена. За счёт подбора диаметров внутренней трубы и наружной трубы можно регулировать скорость движения сред, обеспечивая высокую интенсивность теплообмена.

Двухтрубные теплообменники обладают высоким коэффициентом теплоотдачи. Они позволяют нагревать нагрева или охлаждать среды с высоким давлением. Ремонт и обслуживание двухтрубных теплообменников

не встречает трудностей на современном предприятии. В числе недостатков двухтрубных теплообменников можно выделить: 1) сложность очистки кольцевого пространства; 2) большие габаритные размеры и металлоёмкость; 3) высокая стоимость производства и перерасход металла на наружные трубы, внешняя поверхность которых не участвует в теплообмене.

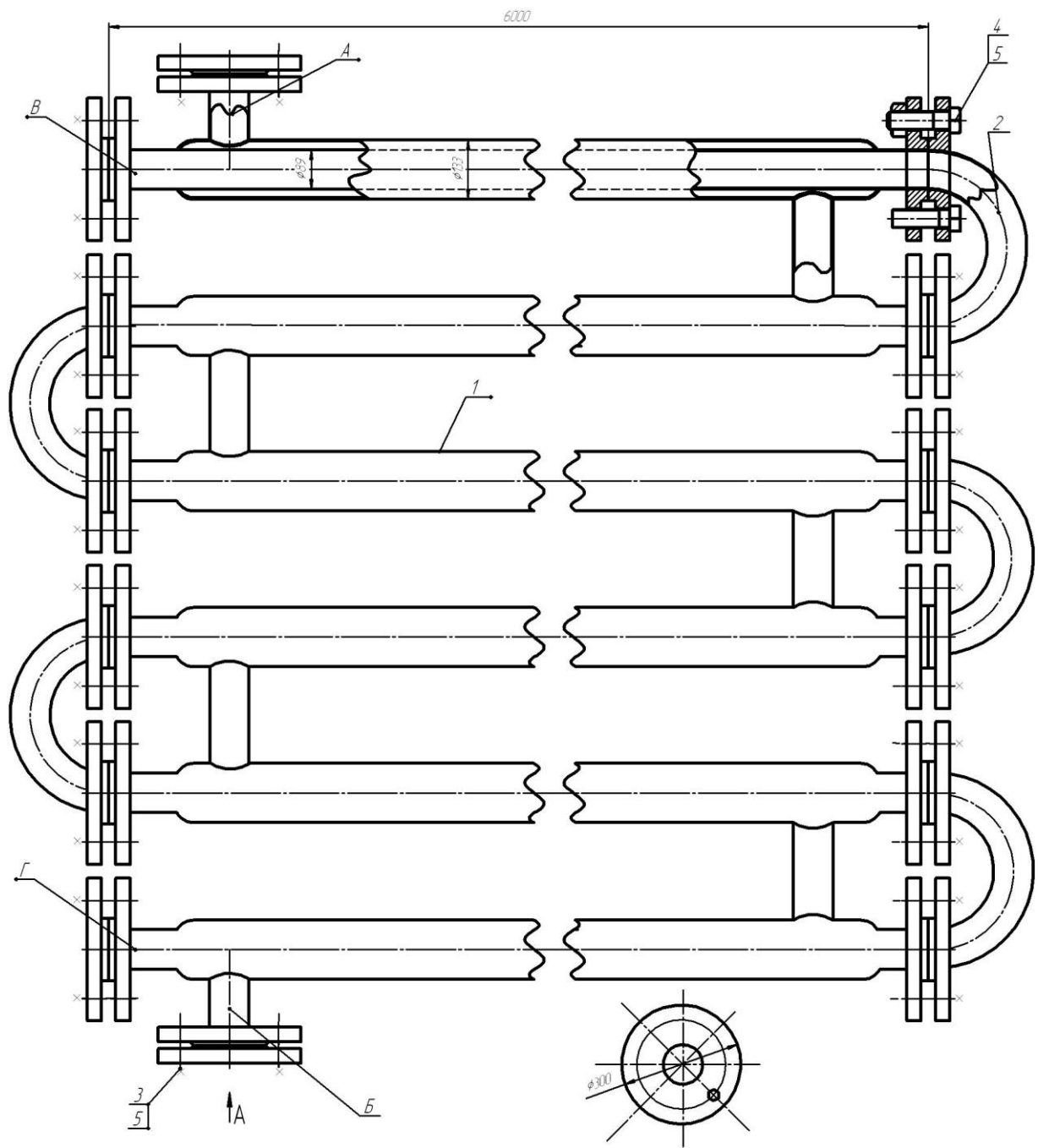
Рассматриваемый теплообменник (рис. 1.2) отвечает следующей характеристике

- Диаметр внутренней трубы, мм	89×3
- Диаметр внешней трубы, мм	133×3
- Площадь теплообмена, м ²	9,6
- транспортируемая среда:	
трубное пространство	- HCl
межтрубное пространство	- водяной пар
- Температура сред, °C:	
во внутренней трубе	52
во внешней трубе	147
- Рабочее давление, МПа:	
во внутренней трубе	0,25
во внешней трубе	0,45
- Длина труб, мм	6000
- Число ходов	6
- Масса, кг	600
- Материалы деталей аппарата –	сталь Ст3 и 10X17H13M2T.
- Прокладки	паронит ПОН-1 ГОСТ481-80.

Теплообменники могут выполняться как разборными, так и неразборными. Для эксплуатации в условиях, когда в межтрубном пространстве не возникает отложений, применяются неразборные однопоточные теплообменники типа «труба в трубе».

В противном случае, когда существует необходимость проведения механической очистки поверхности теплообменных труб, теплообменные

аппараты имеют съемные двойники. Возможность разборки теплообменника позволяет регулярно очищать от загрязнений внутренние поверхности труб.



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

Рисунок 1.2 – Конструкция рассматриваемого разборного теплообменника

1.2 Сведения о материале изделия

Поверхности теплообмена соприкасаются с агрессивной средой (хлорид натрия), поэтому элементы трубчатого теплообменника выполнены из стали 10X17H13M2T.

Трубчатые элементы из стали 10X17H13M2T применяют в ответственных конструкциях, работающих в среде соляной, фосфорной, и уксусной кислот. Сталь 10X17H13M2T применяют для производства элементов аппаратуры химических предприятий, выпускающих изопрен, карбамид, синтетическую уксусную кислоту, синтетический каучук и пр.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 10X17H13M2T (ГОСТ 5632)

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

Соединение изделий из стали 10X17H13M2T могут выполняться с применением ручной дуговой сварки, механизированной сварки в защитных газах, автоматической сварки под флюсом и газозлектрической сварки. Ручную дуговую сварку стали 10X17H13M2T следует выполнять с применением электродов НИАТ-1, ЭА-400/10У и НЖ-13. Автоматическую сварку под флюсом стали для 10X17H13M2T следует выполнять с применением проволоки Св-04Х19Н11 или Св-06Х19Н10МЗТ, в качестве флюса следует использовать флюсы АН-26, АНФ-14 или АНФ-6.

Сварка конструкций из стали 10X17H13M2T имеет свои особенности, обусловленные многокомпонентностью легирования:

- в процессе эксплуатации конструкций из стали 10X17H13M2T существует высокая опасность появления межкристаллитной коррозии металла сварного шва и "ножевой" коррозии у линии сплавления;
- при сварке конструкций из стали 10X17H13M2T существует высокая опасность образования горячих трещин, появляющихся по причине получения чисто аустенитной структуры металла шва;

- в процессе длительной эксплуатации при температуре свыше 350°C сварных конструкций из стали 10X17H13M2T ухудшаются пластические свойства сварных швов. При этом, причиной охрупчивания при температурах 350...550°C является повышенное содержания феррита. Причиной охрупчивания при температурах 550...850°C является стигматизация;
- при сварке конструкций из стали 10X17H13M2T наблюдается усиленное коробление, причиной которого является более низкие по сравнению с углеродистыми сталями теплопроводность и коэффициент термического расширения;
- значительная деформация при сварке делает необходимым применение прихваток с большей длиной и уменьшим расстоянием между прихватками, чем в случае сварки конструкций из углеродистых сталей;
- при сварке предпочтительно получать сварной шов с аустенитной структурой, так как из-за феррита в структуре металла шва снижается пластичность металла.

1.3 Базовая технология сварки

1.3.1 Требования к сварочным материалам

По базовому варианту сварка конструкции выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами. Для подавления межкристаллитной коррозии возможно применение электродов марок ЭА-400/10У, ОЗЛ-7, НЖ-13, АНВ-36. Температура эксплуатации теплообменника не превышает +450 °С, поэтому для сварки применяются электроды марки ЭА-400/10У.

Диаметр электродного стержня принят 3,0 мм, поскольку при сварке конструкций из стали 10X17H13M2T нежелательно использовать электроды большего диаметра.

Таблица 1.2 – Значения параметров режима сварки в соответствии с базовой технологией с применением ручной дуговой сварки

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

1.3.2 Требования к подготовке торцев

До начала сборки под сварку мастер или другое ответственное лицо должен проверить на деталях маркировку, клеймы, сертификаты завода-изготовителя. Если маркировка, сертификаты и клеймы отсутствуют, то такие детали к дальнейшей работе допущены быть не могут.

При разметке необходимо обеспечить минимальное количество отходов и максимальное использование материала. Кроме того, следует учитывать технологический припуск, назначаемый в зависимости от марки материала труб, операций последующей обработки и размеров заготовок.

Подрезка труб и подготовка кромок должны выполняться механическим способом.

Для резки труб из аустенитных сталей может быть применена плазменная, воздушно-дуговая или кислородно-флюсовая резка. При этом необходимо обработать кромки труб с применением наждачного круга, глубина обработки составляет не менее 0,5 мм.

Необходимо выполнить зачистку и обезжиривание участков поверхности труб на ширину не менее 20 мм с наружи и не менее 10 мм с внутренней стороны трубы. Зачистку следует выполнять до металлического блеска. Кромки труб не должны иметь заусенцов, вырывов, острых углов и резких переходов.

1.3.3 Требования к сборке

При сборке труб необходимо использовать стеллажи и сборочные стенды и приспособления. Применяемые приспособления должны обеспечивать расположение деталей с заданной точностью без принудительной подгонки, которая может вызвать местный наклеп и дополнительные напряжения.

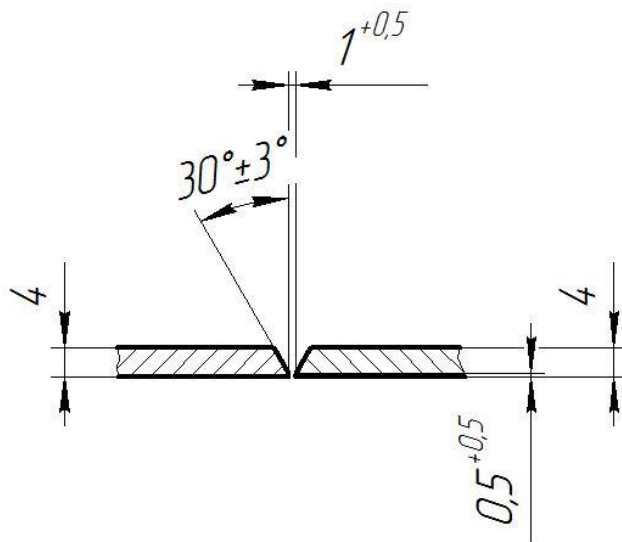


Рисунок 1.3 – Кромки труб перед сваркой

Сборка и прихватка частей теплообменника должны выполняться в условиях правильной центровки. Отклонение от перпендикулярности к оси смежной трубы не должно быть больше 1,5 мм/м. При стыковке труб под сварку смещение внутренних кромок не должно превышать 1,2 мм.

У собранных узлов отклонение от прямолинейности, которое измеряется в обе стороны от стыка на расстоянии 200 мм, не должно быть больше $\pm 1,5$ мм.

1.3.4 Требования к прихватке

При прихвате стыков труб, прихватки равномерно распределяют по периметру стыка. Для выполнения прихваток используют те же электроды,

что и для сварки. После выполнения прихваток с них удаляют шлак. После удаления шлака каждую прихватку тщательно проверяют на отсутствие пор и трещин. Если в ходе проверки обнаружены дефекты, следует полностью удалить прихватки и переварить стык. Для выполнения прихваток привлекаются сварщики с такой же квалификацией, что и для выполнения сварки стыка.

По окружности трубы следует выполнить три прихватки длиной 15...20 мм.

1.3.5 Требования к сварке

Выполнение сварочных работ должно проводиться при температуре окружающего воздуха не ниже -10°C .

Сварку металлических конструкций из рассматриваемой стали следует вести короткой дугой на постоянном токе обратной полярности.

Для уменьшения перегрева и получения сварных соединений с максимальной коррозионной стойкостью при сварке необходимо применять минимальный ток и максимально возможные скорости перемещения электрода, при этом ведение электрода должно быть без поперечных колебаний. Геометрия сварного соединения показана на 1.4.

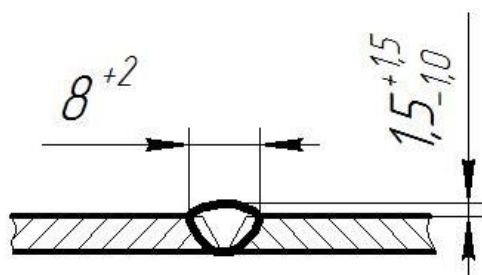


Рисунок 1.4 – Геометрия сварного шва

При выполнении сварочных работ следует использовать серийно выпускаемые источники питания (трансформаторы, преобразователи, выпрямители). Необходимо следить, чтобы сварочное оборудование было

укомплектовано в соответствии с паспортами. Монтаж и наладку сварочного оборудования следует выполнять согласно инструкциям от предприятий-изготовителей.

При подключении сварочного оборудования к сети питания следует убедиться, что колебание напряжения в ней не превышает $\pm 5\%$ от номинального.

Зажигание сварочной дуги следует выполнять в разделке шва или на наплавленном металле. При этом получающиеся кратеры должны тщательно заплавляться с приложением частых коротких замыканий сварочного электрода. Недопустимо выведение кратер на основной металл. В процессе замыкания кольцевого шва следует обеспечить перекрытие шва на 15...20 мм, при этом предварительно зачистить от шлака конец шва.

При случайном обрыве дуги или замене сварочного электрода следует придерживаться такого алгоритма повторного зажигания дуги. Зачищают сварной шов от шлака и окалины на расстоянии 15...20 мм от кратера и зажигают сварочную дугу.

При перекрытии сварных швов следует выполнить тщательную зачистку выполненного шва, удаляя шлак и проверяя его на отсутствие трещин и пор. В случае обнаружения указанных дефектов следует полностью удалить и повторно заварить дефектное место.

После сварки необходимо выполнить очистку сварных швов от шлака, брызг и окалины.

1.3.6 Требования к контролю качества

Чтобы гарантировать высокое качество сварных соединений необходимо проведение:

- 1) пооперационного контроля;
- 2) визуального контроля;
- 3) радиографического контроля.

Выполнение *пооперационного контроля* осуществляется самим производителем работ непрерывно в процессе сборки и сварки. Операционный контроль предусматривает проверку соответствие выполняемых работ проектной документации, государственным стандартам и технологическим требованиям.

Выполнение *визуально-измерительного контроля* сварных соединений осуществляется бригадами, инженерно-техническими работниками, работниками службы контроля качества строительства. Для проведения визуально-измерительного контроля используют средства увеличения и измерительный инструмент.

Все сварные швы подлежат пооперационному контролю и визуальному осмотру. Оценка качества сварных швов выполняют по результатам осмотра как с наружной, так и с внутренней поверхности труб.

Для проведения визуального осмотра сварных соединений их следует очистить от шлака, брызг металла и т.п.

Поверхность сварного шва и околошовной зоны не должна содержать пор и трещин любых размеров. Также должны отсутствовать видимые дефекты с размерами, превышающими регламентированные.

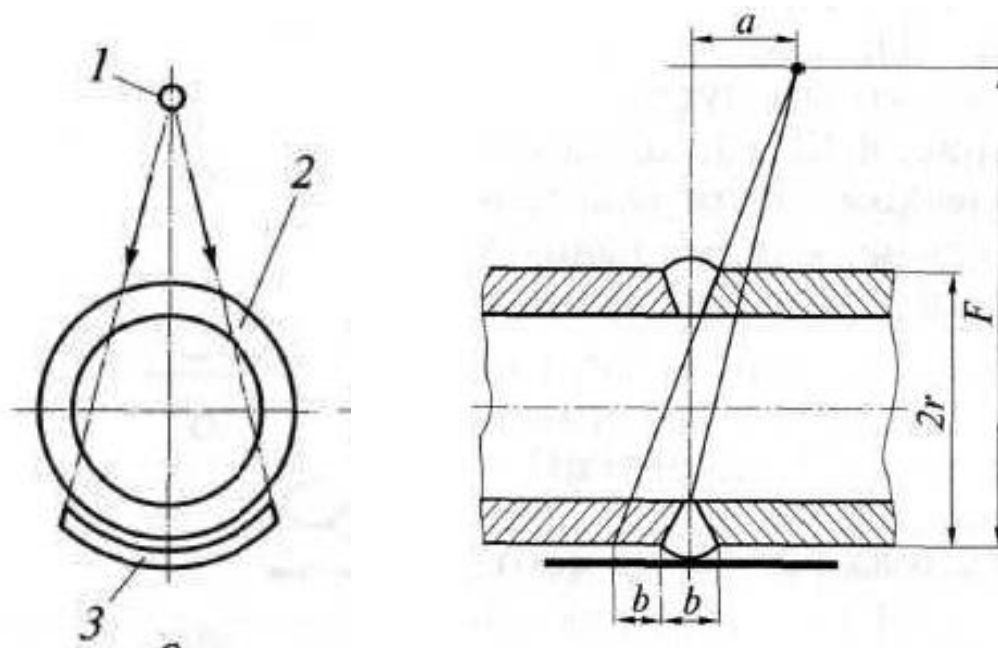
Если в процессе визуального осмотра были обнаружены недопустимые дефекты, то такое сварное соединение следует вырезать или ремонтировать согласно требований нормативной документации.

Выполнение *радиографического контроля* качества соединений проводится специально обученным персоналом производственно-испытательных лабораторий. При этом такие лаборатории должны иметь лицензию Госгортехнадзора России на проведение работ по неразрушающему контролю, должны быть оснащены современным оборудованием и нормативной документацией.

Применяемые при радиографическом контроле рентгеновские аппараты должны соответствовать требованиям ГОСТ 7512-82.

Чувствительность радиографического контроля должна быть не ниже 3 класса.

Просвечивание выполняют снаружи трубы под углом к оси шва через две стенки. Это позволяет исключить наложение изображений швов друг на друга (рис. 1.5).



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

Рисунок 1.5 – Схема радиографии стыка труб через две стенки

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Во введении выполнен краткий обзор состояния вопроса и доказательство актуальности темы выпускной квалификационной работы. Сформулирована цель выпускной квалификационной работы.

Базовая технология сварки изделия с применением ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки:

- 1) Ручной труд сварщика и вследствие этого низка производительность выполняемых работ;
- 2) Существенная трудоемкость при сборке и сварке изделия;
- 3) Потери электродного металла и времени на смену электрода;
- 4) Низкая стабильность качества.

Для достижения поставленной цели следует устранить указанные недостатки, что может быть выполнено при решении следующих задач:

- 1) Обосновать замену способа сварки на более производительный.
- 2) Повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) Составить проектную технологию сборки и сварки изделия.

Решению поставленных задач будет посвящен исполнительский раздел настоящей выпускной квалификационной работы. Оценку экологичности предлагаемых технических решений предполагается выполнить в соответствующем разделе оценочного блока выпускной квалификационной работы. Оценку эффективности внедрения предлагаемых решений в промышленное производство будет выполнено в экономическом разделе оценочного блока выпускной квалификационной работы.

2 Проектная технология сварки изделия

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Сварка изделия может быть выполнена с применением различных способов:

- ручной дуговой сварки штучными электродами;
- сваркой в аргоне неплавящимся электродом;
- сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- сваркой самозащитной порошковой проволокой.

Самым простым и давно используемым способом сварки можно считать **ручную дуговую сварку** штучными электродами (рис. 2.1, *а*).

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту сварного шва. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования металла шва. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая сварка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы сварки. Первым таким недостатком является малая производительность сварочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества сварки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса сварки и потери электродного металла на огарки.

В числе преимуществ **сварки в аргоне неплавящимся электродом** (рис. 2.1, *б*) можно отметить качественную защиту аргоном сварного шва от окисления воздухом. Также при сварке неплавящимся электродом

обеспечивается качественное формирование корня шва. Недостатками сварки неплавящимся электродом в среде аргона являются: высокая стоимость и дефицитность аргона, высокие требования к квалификации сварщика, интенсивный износ сварочного оборудования при работе форсированных режимах.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 2.1, в) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root CMT и PulseShock

В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [22]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях. Получена возможность задания произвольного алгоритма движения электродной проволоки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками (рис. 2.1, г) обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в

монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость.

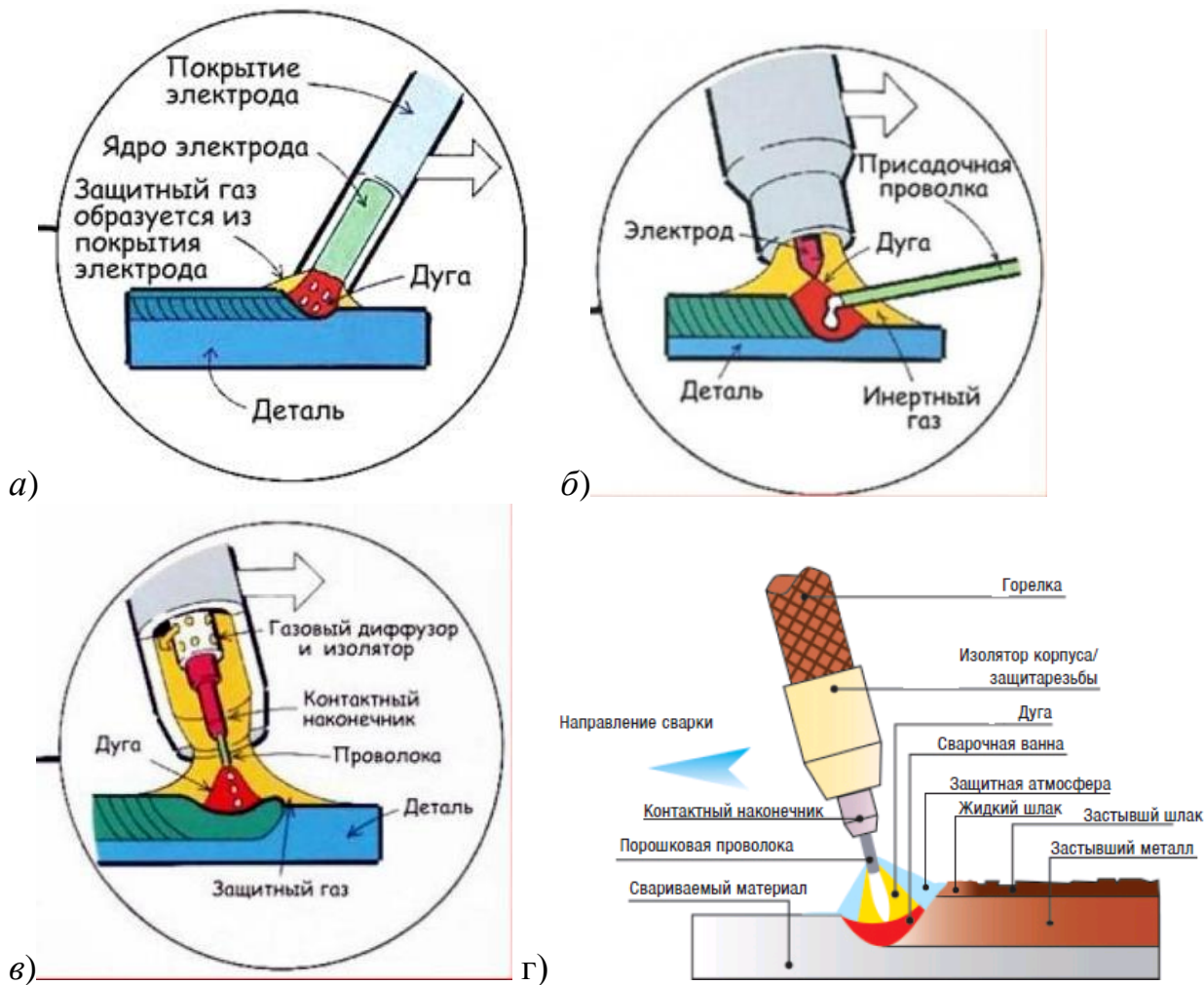


Рисунок 2.1 – Анализ возможных способов сварки: ручная дуговая сварка (а), сварка неплавящимся электродом (б), механизированная сварка в защитном газе (в), сварка самозащитной порошковой проволокой (г)

На основании анализа альтернативных способов сварки примем решение выполнять сварку в проектной технологии с применением механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Выбор защитного газа

Особенностью механизированной дуговой сварки высоколегированной проволокой в защитном газе является высокая склонность металла к окислению в сварочной зоне и образованию в шве несплавлений и зашлаковок [11]. При сварке в среде аргона этому способствует низкая стабильность сварочной дуги, приводящая к нарушению процесса сварки и газовой защиты, а в смеси аргона с CO_2 или с кислородом — окисление металла самим защитным газом. Применяются для защиты зоны сварки и азотосодержащий газ — азот [12], смеси аргона или CO_2 с азотом [13] или с воздухом [14, 15], но при этом, кроме того, возникает опасность образования пор в шве [14, 16]. Большой выбор разных составов защитных газов для практически похожих технологических вариантов свидетельствует о том, что разработка газовых смесей, а также развитие теории процесса сварки в защитном газе еще продолжают, что подтверждается многочисленными публикациями на эту тему [17, 18].

В ИЭС им. Е. О. Патона было установлено [19], что дополнительное легирование аустенитного металла шва азотом при сварке позволяет, как и легирование никелем, снизить развитие структурной неоднородности в зоне сварного шва. Это объясняется как аустенизирующей способностью азота, так и его влиянием на снижение диффузии углерода.

Кроме этого, азот защищает высоколегированный металл от окисления и обеспечивает высокую стабильность процесса сварки, что предотвращает образование на поверхности шва шлаковой корки, а в металле шва — несплавлений и зашлаковок [20]. Однако в зоне сплавления с перлитной сталью могут образовываться поры [21], которые невозможно предотвратить при снижении количества азота даже до 0,5 % в смеси его с аргоном.

Устранить образование пор позволяет добавка к CO_2 азота или воздуха до 14 % с легированием металла шва азотом в количестве до 0,40 % [21].

Таким образом, для сварки применим защитную смесь из газов: (97 % CO₂ + 3 % N₂) или (96,5 % CO₂ + 3 % N₂ + 0,5 % O₂).

2.3 Выбор сварочной проволоки

Тенденция повышения качества металлических материалов, характеризующихся высокой прочностью и пластичностью в сочетании с другими специфическими свойствами, такими как хладостойкость, коррозионная стойкость, окалиностойкость, жаропрочность и др., не теряет своей актуальности, однако возможности значительного повышения служебных свойств конструкционных материалов путем традиционного легирования, по-видимому, ограничены [9].

В соответствии с ОСТ 26.260.3-2001 «Сварка в химическом машиностроении» [10] при механизированной сварке в защитных газах теплообменных аппаратов из стали 10X17H13M2T следует применять присадочную проволоку Св-07X19H11M3 (ГОСТ 2246-70).

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки Св-07X19H11M3

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu
<0,07	0,8	0,8	19,0	11	3,2	<1,0	<0,3

Таблица 2.2 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-07X19H11M3

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

Наплавленный металл, полученный при использовании этой проволоки, будет обладать высокой коррозионной стойкостью. За счёт легирования проволоки ниобием повышается стойкость сварного соединения против межкристаллической коррозии. За счёт легирования кремнием повышается качество сварного шва.

Зарубежный производитель предлагает сварочную и наплавочную проволоку ESAB ОК Autrod 318Si, которая может считаться аналогом проволоки Св-08Х19Н10МЗБ. Эта проволока сплошного сечения позволяет получать сварной шов с высокой коррозионной стойкостью за счёт наличия хрома, молибдена и никеля. Наплавленные валики обладают высокой устойчивостью по отношению к поверхностной коррозии. Доюавки ниобия повышают устойчивость наплавленного металла к межкристаллитной коррозии. В проволоке увеличено содержание кремния, что улучшает смачивание и повышает улучшает сварочные характеристики. Температура эксплуатации изделий, сваренных с применением проволоки ESAB ОК Autrod 318Si достигает 400°С.

Таблица 2.3 – Химический состав проволоки ESAB ОК Autrod 318Si

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

Таблица 2.4 – Механические свойства наплавленного металла проволокой ESAB ОК Autrod 318Si

Предел текучести:	460 МПа
Предел прочности:	615 МПа
Относительное удлинение:	35%
Ударная вязкость при +20°С	100 Дж/см ²

В качестве ещё одного аналогом можно привести сварочную проволоку зарубежного производства компании «Sandvik» - проволоку 19.12.3.NbSi (табл. 2.5, 2.6).

Эта проволока содержит в составе хром ~19%, никель ~ 12% и молибден ~ 3%. Полученный с применением этой проволоки наплавленный металл будет обладать высокой коррозионной стойкостью. За счёт легирования проволоки ниобием повышается стойкость против межкристаллитной коррозии. За счёт легирования проволоки кремнием повышается качество шва. Температура эксплуатации изделий, сваренных с применением проволоки 19.12.3.NbSi достигает 400°С.

Таблица 2.5 – Химический состав проволоки 19.12.3.NbSi производства компании «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 2.6 – Механические свойства наплавленного металла проволокой 19.12.3.NbSi

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

Выполняли однослойные наплавки вышеназванными проволоками диаметром 2,0 мм на пластины, расположенные под различными углами к горизонту в CO₂ и его смесях с азотом и кислородом.

Наплавки выполнялись сварочным автоматом АДГ-502 при питании сварочной дуги постоянным током обратной полярности от выпрямителя ВДУ-504. Ток сварки - 220...320 А, напряжение на дуге — 24...28 В и скорость сварки — 14...20 м/ч, расход защитного газа — 12 л/мин.

Влияние составов защитного газа и сварочной проволоки на окисление металла и отделимость шлаковой корки оценивали отношением общего количества шлака, которое собирали после тщательной механической очистки поверхности наплавки к количеству шлака, самоотделившегося от поверхности наплавленного металла в процессе охлаждения. Результаты приведены в табл. 2.7.

Поверхности наплавов до и после очистки, а также имеющаяся на ней шлаковая корка существенно отличаются. Поверхности наплавов, выполненных с применением сварочной проволоки 07X19N11M3 имеют меньшую шероховатость, но покрыты более толстым слоем стеклоподобного шлака, который самостоятельно отделяется от поверхности металла при охлаждении. После механической зачистки от остатков шлака обнажается светлая поверхность наплавки. На поверхности же наплавов, выполненных с

применением сварочной проволокой ESAB ОК Autrod 318Si шлаковая корка обладает частичной отделимостью при охлаждении и труднее удаляется при механической зачистке, а с применением проволоки типа Sandvik 19.12.3.NbSi она самостоятельно практически не отделяется. После механической зачистки наплавленная поверхность остается темной и имеет значительную шероховатость из-за наличия бугорков металла.

Таблица 2.7 – Отделение шлаковой корки, образующейся на поверхности металла шва

Сварочная проволока	Состав защитного газа	Шлака всего 10^{-3} г/мм ²	Шлака отделилось самостоятельно
Св-07Х19Н11МЗ	CO ₂	12,9	11,1
	CO ₂ + 3% N ₂	10,5	9,3
	CO ₂ + 3% N ₂ + 0,5 % O ₂	12,7	10,8
ESAB ОК Autrod 318Si	CO ₂	10,1	5,11
	CO ₂ + 3% N ₂	7,8	4,11
	CO ₂ + 3% N ₂ + 0,5 % O ₂	8,5	3,6
Sandvik 19.12.3.NbSi	CO ₂	8,41	0,2
	CO ₂ + 3% N ₂	5,2	0
	CO ₂ + 3% N ₂ + 0,5 % O ₂	7,3	0

* В числителе дано общее количество шлака в 10^{-3} г/мм²

Добавка азота в состав защитного газа снижает количество шлака, а кислорода — увеличивает, но это заметно не отражается на его отделимости (табл. 2.7).

На основании проведённых исследований предложим для составления проектной технологии сварки проволоку Св-07Х19Н11МЗ.

2.4 Требования к сварочным материалам

При наличии сертификата и бирок на сварочную проволоку производят сверку соответствия данной проволоки технологической документации. Если сертификат на сварочную проволоку отсутствует, то проводят химический анализ состава проволоки.

При поступлении на предприятие каждой партии проволоки, её следует зарегистрировать в специальном журнале и разместить отдельно. Хранение сварочной проволоки должно происходить в закрытом отапливаемом помещении, при этом температура воздуха внутри помещения не должна опускаться ниже $+10^{\circ}\text{C}$, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80%. Мотки и бухты сварочной проволоки следует оборачивать в бумагу, пленку, мешковину и снабжать металлическими ярлыками предприятия-изготовителя.

Перед сваркой, если сварочная проволока имеет загрязнения, она должна быть очищена, следует удалить с поверхности проволоки ржавчину, загрязнения, смазку. После очистки проволоку перематывают в кассеты, которые хранятся на отдельных стеллажах.

При приемке защитных газов провернется соответствие паспортных данных требованиям действующих стандартов.

2.5 Назначение значений параметра режима сварки

Режим механизированной сварки в углекислом газе проволоками сплошного сечения характеризуется следующими параметрами [8]:

- 1) род тока и его полярность;
- 2) диаметр сварочной проволоки d_s ;
- 3) сила сварочного тока $I_{св}$;
- 4) напряжение дуги U_d ;
- 5) скорость подачи проволоки $V_{пр}$;

б) вылет электрода $l_{пр}$;

7) расход углекислого газа $Q_{г}$.

Значение $I_{св}$ силы сварочного тока должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot (110 \dots 130) = 220 \dots 260 \text{ А} \quad (2.1)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,6 мм;

a – плотность тока, при которой обеспечивается проплавление основного металла, принимается из диапазона 110...130 А/мм².

Назначение коэффициента расплавления электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_э} = 3,0 + 0,08 \frac{240}{1,6} = 15 \text{ г} \cdot \text{А/ч}, \quad (2.2)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,6 мм;

$I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А.

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{п} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 15 \cdot 240}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 230 \text{ м/ч} \quad (2.3)$$

где $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А;

α_p – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки, $\alpha_p = 15 \text{ г} \cdot \text{А/ч}$;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

$d_{эл}$ – диаметр электродной проволоки, мм, который ранее был принят как $d_{эл} = 1,6 \text{ мм}$.

Назначение коэффициента наплавки электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_n = a_p(1 - \psi) = 15(1 - 0,1) = 13,5 \text{ г/А}\cdot\text{ч}, \quad (2.4)$$

где ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в углекислом газе $\psi=0,1\dots0,15$)

Назначение скорости сварки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{a_n \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_b \cdot \gamma} = \frac{13,5 \cdot 240}{100 \cdot 0,1 \cdot 7,8} = 41, \quad (2.5)$$

где F_b – площадь поперечного сечения валика сварного шва, принимаем $F_b = 0,1 \text{ см}^2$;

$I_{\text{св}}$ – принятое значение сварочного тока, А;

a_n – принятое значение коэффициента наплавки;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma=7,8 \text{ г/см}^3$

Расход защитного газа будем задавать в зависимости от принятого значения силы сварочного. Для силы сварочного тока $I_{\text{св}} = 220\dots260 \text{ А}$ принимает расход газа $Q_{\text{г}} = 15\dots16 \text{ л/мин}$.

Значение напряжения сварочной дуги определяется длиной дуги и силой сварочного тока. При увеличении длины дуги возрастает напряжения на дуге. При повышении напряжения на дуге ширина сварного шва увеличивается, а глубина провара уменьшается. Получение валика сварного шва хорошей формы и малые потери электродного металла на разбрызгивание возможны при задании оптимальных значений напряжения дуги. На основании [7, 8] для силы сварочного тока $I_{\text{св}} = 220\dots260 \text{ А}$ принимаем напряжение дуги $U_{\text{д}} = 25\dots27 \text{ В}$.

Таблица 2.8 – Параметры режима сварки

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

2.6 Оборудование для сварки

В связи с переориентацией многих предприятий на новую номенклатуру сварочного оборудования значительно увеличилось количество его производителей. В настоящее время как крупные, так и небольшие предприятия приступают к производству сварочных источников питания, подающих механизмов и другого оборудования, при этом нередко при отсутствии опыта в этой сфере, а также специалистов соответствующего профиля. Потребителю зачастую сложно сориентироваться в широкой гамме типов сварочного оборудования и приобрести такое, которое обеспечивало бы оптимальное соотношение цены и качества. Ожидать правильности выбора сварочного оборудования можно в том случае, если этот выбор выполняется обоснованно. Для обоснования выбора сварочного оборудования целесообразно придерживаться принципа преемственности. Согласно этому принципу необходимо изучить уже применяющееся на предприятии сварочное оборудование и выбирать новое сварочное оборудование того же или близкого типа, что и уже имеющееся. Если же технологический процесс строится для новой номенклатуры изделий, следует исходить из соображений субъективного характера, предполагающие осуществлять выбор оборудования на основании результатов испытаний при сварке. Принцип преемственности и принцип субъективизма логически оправданы, однако следует учесть, что в первом случае возможен отказ от

внедрения в производство новых, перспективных образцов сварочной техники. Во втором же случае существует вероятность ошибки неправильного выбора оборудования, которая зависит от качества сварочных материалов, квалификации сварщика и большого числа других условий, которые невозможно учесть и предусмотреть.

Объективная информация о количественных и качественных сварочно-технологических характеристиках оборудования может быть получена в результате испытаний. Следовательно, возможность внедрения того или иного образца сварочного оборудования в производство должна оцениваться на основании практических экспериментов. Единственным нормативным документом, который позволяет регламентировать выбор методик и обработку результатов исследования применимости сварочного оборудования в производстве, является ГОСТ 25616–83 [6]. В этом документе указаны требования к испытательным образцам для сварки (геометрические размеры, количество, качество подготовки), условия проведения испытаний. Также в этом документе указаны требования по наличию специальной регистрирующей аппаратуры, которая позволяет выполнять контроль значений электрических параметров в первичной и вторичной цепях.

Качество анализа статистической информации и полученные на его основе характеристики свойств оборудования существенно зависят от применяемой регистрирующей аппаратуры. В настоящее время разработан ряд таких систем [4, 5], отличающихся в основном количеством каналов измерения и регистрации информации, быстродействием, объемом получаемых выборок, наличием программных средств обработки информации и т.п.

Применительно к данной технологии сварки были рассмотрены следующие источники питания: ВДУЧ-350, ВДУЧ-500, ВД 506 ДК и ВС-300 Б (рис. 2.2).

На рис. 2.3 приведены осциллограммы изменения сигнала пропорционального тока дуги на начальном участке сварки. Заметно, что поджиг дуги от источника питания ВС-300 Б носит более стабильный характер, тогда как при использовании выпрямителя ВД 506 ДК имеют место обрывы дуги.



Рисунок 2.2 – Сварочные источники питания, рассматриваемые для применения в проектной технологии: ВДУЧ-350 (а), ВДУЧ-500 (б), ВД 506 ДК (в) и ВС-300 Б (г)

При сварке с периодическими короткими замыканиями важной характеристикой для оценки стабильности процесса является их частота. Момент короткого замыкания характеризуется резким падением напряжения на дуге и скачком тока. Частота коротких замыканий для установившегося процесса есть величина постоянная и малозависящая от типа источника питания. По полученным экспериментальным данным

проведена оценка средней частоты коротких замыканий при сварке с использованием исследуемых сварочных источников питания.

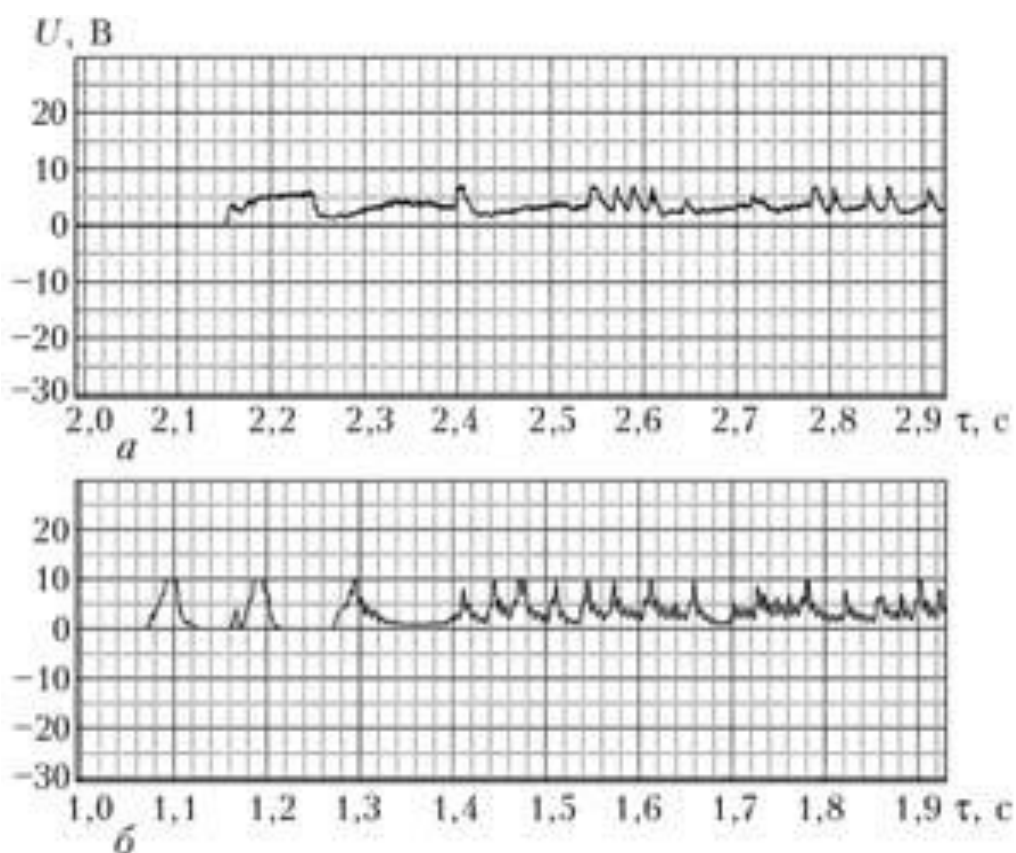


Рисунок 2.3 – Осциллограммы изменения сигнала пропорционального току дуги на начальном участке сварки, полученные для источников питания ВС-300 Б (а) и ВД 560 ДК (б); U – напряжение на выходе нормализатора по каналу измерения тока; τ – время

Определение статических внешних вольт-амперных характеристик ИП осуществляли с помощью балластного реостата с пятью ступенями регулирования. Напряжение ИП контролировали непосредственно на клеммах реостата. Ток фиксировали на контактах шунта измерительного комплекса.

Коэффициенты наклона статических вольт-амперных характеристик для обоих типов ИП приведены в табл. 2.9.

Важной характеристикой качества источника питания с точки зрения процесса сварки с короткими замыканиями является скорость нарастания тока в момент короткого замыкания. Оценка средней скорости нарастания

тока, выполненная по периодам наблюдения, представлена в табл. 2.9. Исходя из рекомендаций, изложенных в работе [7], лучшими являются показатели источника питания ВС-300 Б, о чем свидетельствует сравнительно небольшое разбрызгивание металла (оценивалось визуально).

Таблица 2.9 – Результаты сравнительных испытаний источников питания

Тип источника питания	Частота коротких замыканий, Гц	Коэффициент наклона вольт-амперной характеристики, В/А	Скорость нарастания тока при коротких замыканиях, кА/с
ВС-300 Б	48	0,006	68
ВД 506 ДК	45	0,035	81
ВДУЧ-350	40	0,008	75
ВДУЧ-500	49	0,018	84

Следует отметить, что полностью отказаться от субъективной оценки всех параметров сварочно-технологических свойств источников питания на сегодня невозможно. Например, качество формирования сварного шва, оценивается визуально специалистом-сварщиком и не имеет четких цифровых критериев. Однако, имея соответствующий практический опыт, можно прогнозировать, как данный источник питания будет формировать сварной шов.

Сварку соединений будем выполнять с использованием источника ВС-300 Б. Это сварочный выпрямитель, оснащённый блоком управления сварочным автоматом. Этот источник питания с успехом может быть использован для механизированной сварки в защитных газах ответственных конструкций из нержавеющей стали.

Подачу сварочной проволоки будем выполнять полуавтоматом ПДГ-421 (рис. 2.4). Сварочный полуавтомат ПДГ-421 может быть использован для подачи проволоки сплошного сечения и порошковой проволоки при сварке ответственных стальных конструкций в среде защитных газов на постоянном токе. Внутри подающего механизма размещены редукторный привод с 4-мя роликами, электромагнитный клапан, плата управления и газовый тракт. Управление значениями параметров режима осуществляется с лицевой

панели. Стыковка полуавтомата со сварочной горелкой осуществляется посредством втычного соединения.



Рисунок 2.4 – Подающий механизм ПДГ-421

Заключение по второму разделу

В ходе выполнения данного раздела исполнительного блока были решены следующие задачи:

- 1) Обосновать замену способа сварки на более производительный.
- 2) Повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) Составить проектную технологию сборки и сварки изделия.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предполагает выполнение следующих мероприятий:

- 1) выполнить анализ опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение в производство проектной технологии, и предложить меры защиты от них;
- 2) оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки теплообменных аппаратов из нержавеющей сталей. В соответствии с базовой технологией сварка изделия выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами. На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе.

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

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовка деталей	Слесарь-сборщик	Кромкорез, машинка угловая шлифовальная	Круг абразивный, рукавицы, ветошь
2. Сборка заготовок пол сварку	Слесарь-сборщик	Кондуктор сборочный, металлическая линейка	Сжатый воздух, рукавицы
3. Сварка	Электросварщик	Приспособление для сборки-сварки, полуавтомат, источник питания формирователь импульсов	Защитный газ, сварочная проволока

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
4. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер, контрольный стол	Рукавицы

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка деталей	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Сборка заготовок пол сварку	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Кондуктор сборочный, металлическая линейка, сжатый воздух
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации 	Источник питания, сварочная горелка
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка изделия	Сварочный стол, сборочное приспособление, струбины, механизм подачи сварочной проволоки, источник питания, сварочная горелка, дефектоскоп	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

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

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

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка изделия	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

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

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

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду. Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса. В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки теплообменных аппаратов из нержавеющей сталей. В соответствии с базовой технологией сварка изделия выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку в защитном газе. За счёт замены способа сварки и применения импульсного управления сварочной дугой предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов.

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

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	150	150
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
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
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.	80000	250000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	8	10
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	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

где T_{cm} – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

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

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

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

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

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

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

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

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

$$F_э = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

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

(4.3)

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

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

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

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

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

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

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

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

$$t_{\text{шт.баз}} = 6,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3 \text{ ч.}$$

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

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

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

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на сварку по базовому и проектному вариантам технологии;

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

$$П_{Г.\text{баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ сварок за год};$$

$$П_{Г.\text{проектн.}} = 2054/3 = 668 \text{ сварок за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{Г}=200$ ремонтных сварок в год.

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

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

где $П_{Г}$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

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

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{8 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,28$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

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

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

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

$$K_{зб} = 0,76/1 = 0,76,$$

$$K_{зп} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

При сварке теплообменников используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе, для которой сварочными материалами будут проволока и углекислый газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

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

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

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

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

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 5 \cdot 1,05 = 2100 \text{ руб.}$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 4 + 7,5 \cdot 300) \cdot 1,05 = 3203 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2256 \cdot 12/100 = 271 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 846 \cdot 12/100 = 102 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 846 + 102 = 948 \text{ рублей.}$$

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

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

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

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

$$O_{\text{сбаз.}} = 2527 \cdot 34/100 = 859 \text{ руб.,}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 948.34/100 = 322 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A_{об.б} = \frac{80000 \cdot 21,5 \cdot 8}{2054 \cdot 100} = 67 \text{ рублей}$$

$$A_{об.нр} = \frac{250000 \cdot 21,5 \cdot 3}{2054 \cdot 100} = 79 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

$$P_{э-эб} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 3,02}{0,7} = 276 \text{ рублей}$$

$$P_{э-энр} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 3,02}{0,85} = 107 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 67 + 276 = 343 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 79 + 107 = 186 \text{ рублей}$$

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

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 2100 + 2527 + 859 + 343 = 5829 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3203 + 948 + 322 + 186 = 4659 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5829 + 1,5 \cdot 2256 = 5829 + 3384 = 9213 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4659 + 1,5 \cdot 846 = 4659 + 1269 = 5928 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

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

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

$$C_{ЗАВБаз.} = 9213 + 1,15 \cdot 2256 = 9213 + 2594 = 11807 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 5928 + 1,15 \cdot 846 = 5928 + 972 = 6900 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	2100	3203
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	859	322
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	343	186
5. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	5829	4659
6. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	3384	1269
7. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	9213	5928
8. Объём заводских расходов	Р _{зав}	2594	972
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	11807	6900

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

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

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 80000 - (80000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 28400 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 28400 \cdot 0,76 = 21584 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 73500 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 80000 \cdot 0,05 = 4000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{СОП}} = 4000 + 12500 = 16500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 73500 + 16500 = 90000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{ДОП}} = 90000 - 73500 = 16500 \text{ руб.}$$

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

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

где Π_T – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{удБаз.} = 73500/200 = 368 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 90000/200 = 450 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

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

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

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{8-3}{8} \cdot 100\% = 63\%$$

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

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

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

$$П_T = \frac{100 \cdot 63}{100 - 63} = 233\%$$

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

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

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

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{5829 - 4659}{5829} \cdot 100\% = 20\%$$

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

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

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

$$Э_{\text{у.г.}} = (11807 - 6900) \cdot 200 = 981400 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$T_{ок} = \frac{90000}{981400} = 0,1$$

Годовой экономический эффект $\Delta_{г}$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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

$$\Delta_{г} = 981400 - 0,33 \cdot 90000 = 951700 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии сварки теплообменного аппарата с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки сварного соединения. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление

сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 63 %, увеличивается производительность труда на 233 %, уменьшается технологическая себестоимость на 20 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,0 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,1 года.

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

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение производительности и качества сварки теплообменных аппаратов из стали 10X17H13M2T.

Базовый вариант технологии сварки изделия с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью переварки сварных соединений.

При анализе возможных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка порошковой проволокой, сварка в инертных газах неплавящимся электродом.

В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку проволокой сплошного сечения в углекислом газе, при которой дополнительно осуществляется с импульсное управление сварочной дугой. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать сварные соединения без дефектов.

Выполнен расчёт оптимальных параметров режима сварки, сформулированы требования к сварочным материалам и операциям технологического процесса, подобрано оборудование для его осуществления. Это позволяет внедрить предлагаемые решения в производство.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 0,95 млн. рублей.

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

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть внедрены в производство при сборке и сварке теплообменных аппаратов из нержавеющей сталей.

Список используемой литературы

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. Патон, Б.Е. Система оперативного контроля качества сварочного оборудования в процессе его промышленного производства / Б.Е. Патон, А.С. Коротынский, М.И. Скопюк [и др.] // Автоматическая сварка. – 2002. – № 5. – С. 29–32.
5. Кисилевский, Ф.Н. Автоматизированный комплекс для исследования методов и средств управления процессом дуговой сварки / Ф.Н. Кисилевский, Г.А. Бутаков, В.А. Дзябура [и др.] // Автоматическая сварка. – 1990. – № 6. – С. 24–27.
6. ГОСТ 25616–83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств. — Введ. С 01.01.84.
7. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е. недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
8. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов электрической сварки и наплавки / Э.Г. Бабенко, Н.П. Казанова // Дальневосточный государственный университет путей общения: Хабаровск. – 1999. – 54 с.
9. Коган, Б.И. Редкие металлы. Прошлое, настоящее, будущее / Б.И. Коган. – М.: Наука, 1978. – 348 с.
10. ОСТ 26.260.3-2001 "Сварка в химическом машиностроении. Основные положения"

11. Готальский, Ю.Н. Сварка перлитных сталей аустенитными материалами / Ю. Н. Готальский. – Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1992. – 224 с.
12. Дятлов, В.И. Автоматическая сварка в азоте аустенитных хромоникелевых сталей и сплавов / В.И. Дятлов, И.Ф. Коринец // Автоматическая сварка. – 1968. – № 9. – С. 25.
13. Каховский, Н.И. Сварка высоколегированных сталей. – Киев : Техніка, 1975. – 376 с.
14. Нечаев, В.А. Влияние режима сварки на поглощение азота металлом при сварке незащищенной дугой высоколегированной аустенитной проволокой / В.А. Нечаев, М.М. Тимофеев, Ю.И. Рубенник // Сварочное производство. – 1974. – № 4. – С. 24–26.
15. Лопухов, Ю.И. Газоэлектрическая наплавка арматуры в азотосодержащей защитной атмосфере / Ю.И. Лопухов, Б.П. Ивницкий, Г.А. Сорокин // Энергомашиностроение. – 1989. – № 9. – С. 33–35.
16. Котвицкий, А.Д. Сварка в среде защитных газов / А.Д. Котвицкий. – М. : Высш. шк., 1974. – 222 с.
17. Lettle, K. How to simplify the choice of shielding gas / K. Lettle, G. Stapon // Practical welding today (USA). – 2005. – 9, № 1. – P. 22–25.
18. Herold, H. The use of nitrogen gas at welding of heatresistant nickel alloys / Herold, H. [et al.]. – Australasian welding (Australia. – 2005. – Vol. 50, Second Quarter. – P. 40–47.
19. 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.
20. Дятлов, В. И. Автоматическая сварка в азоте аустенитных хромоникелевых сталей и сплавов / В.И. Дятлов, И.Ф. Коринец // Автоматическая сварка. – 1968. – № 9. – С. 25.

21. Грищенко, Л. В. Снижение склонности к порообразованию в металле шва при сварке аустенитными электродами на хромоникелевой основе / Л.В. Грищенко, Я.Н. Киселев, В.М. Петрыкин // Вопросы судостроения. Сер. Сварка. – 1987. – Вып. 26. – С. 20–24.

22. Федько, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федько, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.

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

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

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

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.